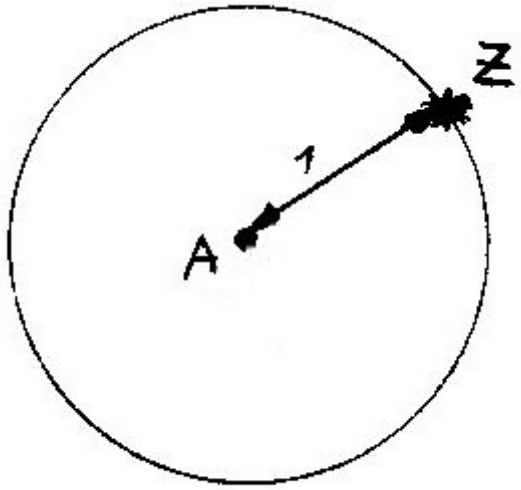
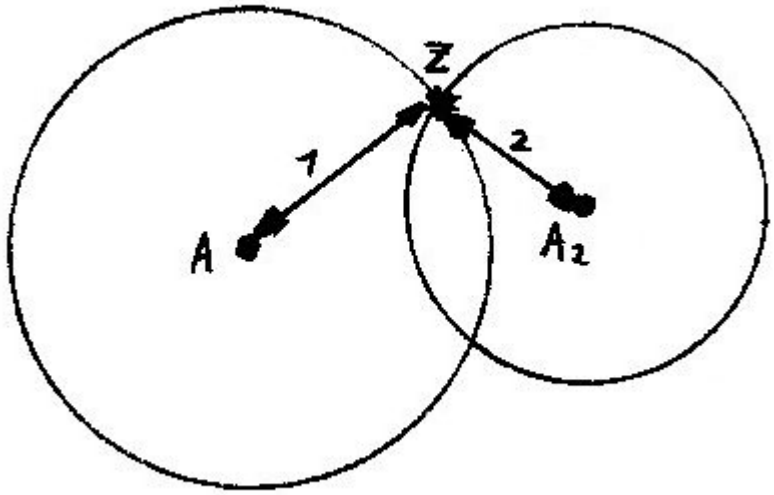
Radarüberwachung

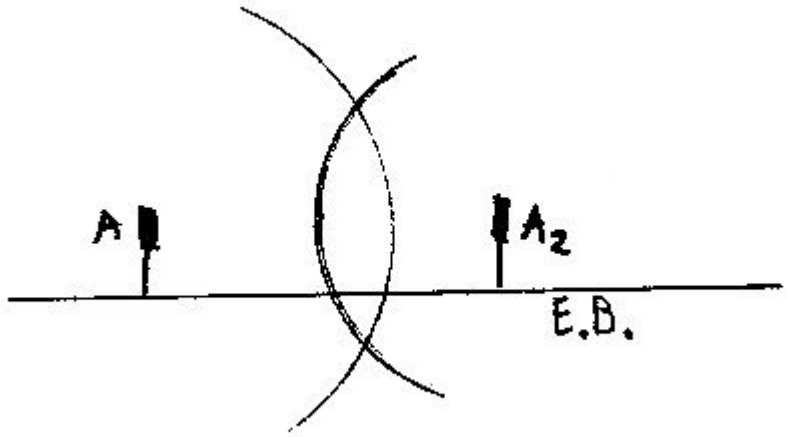
Aus den Veröffentlichungen ergibt sich, daß man mit Hilfe der Radartechnik sehr genaue Entfernungsbestimmungen und, mit Hilfe des Dopplereffekts, Geschwindigkeitsmessungen durchführen kann. Die Messung von Richtungen der Ziele ist dagegen in der Regel weitaus ungenauer. Zur Überwachung ist es deshalb vorteilhaft, überwiegend mit Entfernungsmessungen und Geschwindigkeitsmessungen zu arbeiten. Viele Radarziele haben eine charakteristische Radarsignatur. Das heißt, das zurückgestrahlte Radarsignal wird von ihnen in einer ganz besonderen Weise verändert, wie sich aus anderen Beiträgen auf dieser Internetseite ergibt. Um nun die Entfernung zu messen, mißt man die Zeit, die das Radarsignal benötigt, um zum Ziel und zurück zum Radar zu gelangen. Da die Ausbreitungsgeschwindigkeit von elektromagnetischen Wellen mit ungefähr 300000 km/sec bekannt ist, läßt sich daraus die Entfernung berechnen. Wenn man nun eine Antenne verwendet, die in alle Richtungen gleichzeitig abstrahlt, so befindet sich das gemessene Ziel (Z) zum Beispiel in der Entfernung (1) von der Antenne (A) in der folgenden Zeichnung. Das heißt, tatsächlich befindet es sich auf einer Kugel mit dem Durchmesser 1 um die Antenne A.



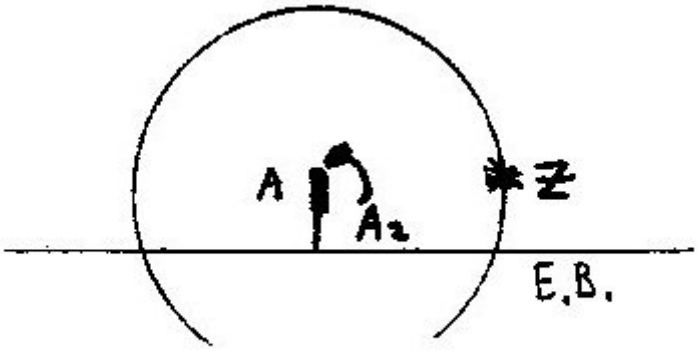
Um den Standort eines Ziels genauer bestimmen zu können, benötigt man mehrere Entfernungsmessungen. Mit einer zweiten Entfernungsmessung ergibt sich folgendes Bild. Das Ziel befindet sich in der Entfernung 1 von der Antenne A, und in der Entfernung 2 von der Antenne A2.



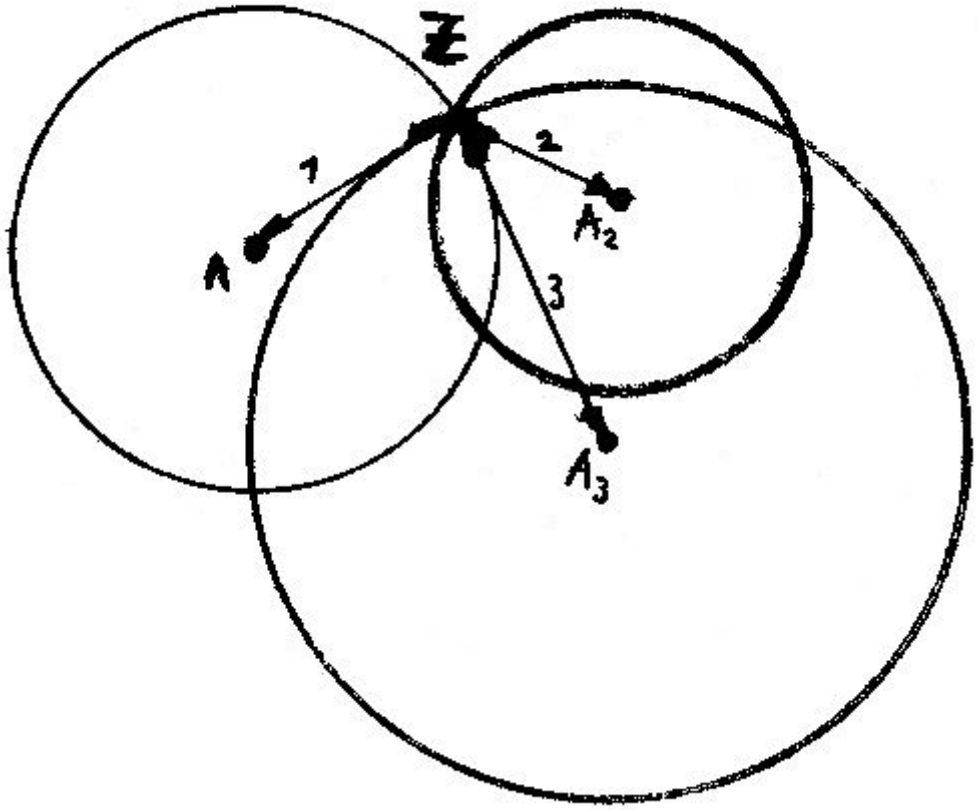
Die beiden Kurven befinden sich jeweils im Abstand 1 von Antenne A und 2 von Antenne A2. Das Ziel befindet sich folglich auf einem Kreis der durch die beiden Schnittpunkte der Entfernungskurven geht.



Auf dem nächsten Bild ist dieser Sachverhalt noch einmal aus einem anderen Blickwinkel dargestellt. Hier befinden sich die Antennen A und A2 hintereinander. Dargestellt ist der Kreis, auf dem sich das Ziel Z aufgrund der Entfernungsmessungen befinden kann.



Mit Hilfe einer dritten Entfernungsmessung kann nun der Standort des Ziels Z eindeutig festgelegt werden. Das Ziel kann sich nur an dem einen Punkt befinden, der sich in der Entfernung 1 von der Antenne A, 2 von der Antenne A2 und 3 von der Antenne A3 befindet. Voraussetzung ist natürlich immer, daß sich das Ziel jeweils eindeutig durch sein Radarbild identifizieren und von anderen Zielen trennen läßt. Zum Beispiel durch eine genaue Entfernungsauflösung der einzelnen Streuflächen des jeweiligen Ziels in Kombination mit der jeweiligen Dopplerverschiebung für die einzelnen Streuflächen. Zu einigen technischen Möglichkeiten siehe auch „Radar measurements“.



Wenn sie einmal in Berlin an der Siegessäule vorbeikommen (großer Stern), sehen Sie sich einmal die **3 Antennen** auf den Ampeln an.
Die erste Antenne befindet sich auf dem Mittelstreifen in Richtung Brandenburger Tor.

Die zweite Antenne befindet sich am Südrand der Straße in Richtung Brandenburger Tor.

Die dritte Antenne befindet sich auf dem Mittelstreifen in Richtung Ernst-Reuter-Platz.

Da bei der dritten Antenne die Abdeckung fehlte, ergab sich die Möglichkeit einer Detailaufnahme.

Über das ganze Land verstreut finden sich solche Antennen. Zwischen 1 und 4 dieser Antennen sind jeweils auf aufwendigen Beton- oder Gittermasten montiert. Diese Anlagen sind in den allermeisten Fällen von den Mobilfunkanlagen getrennt aufgestellt. Im Gegensatz zu Mobilfunkanlagen, auf denen sich in der Regel ein Schild des Betreibers mit Telefonnummern für den Notfall befindet, sind diese Anlagen eingezäunt. Es befindet sich auch kein Schild des Betreibers auf diesen Anlagen. Fragen Sie doch einmal den Staat (also Beamte oder Politiker), wer diese Anlagen betreibt und zu welchem Zweck.

Am Bundesgerichtshof in Karlsruhe kann man eine ältere Radaranlage bewundern. Es handelt sich um die zwei grünen Kästen auf der Wiese zwischen den Zäunen.

Radarbilder

Die folgenden Bilder zeigen, welche Auflösung mit Radar erreicht werden kann.

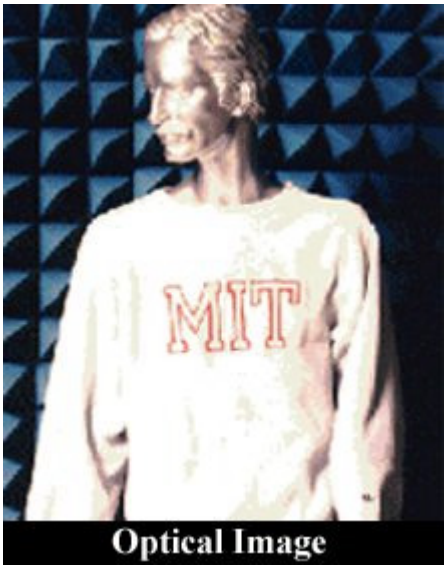
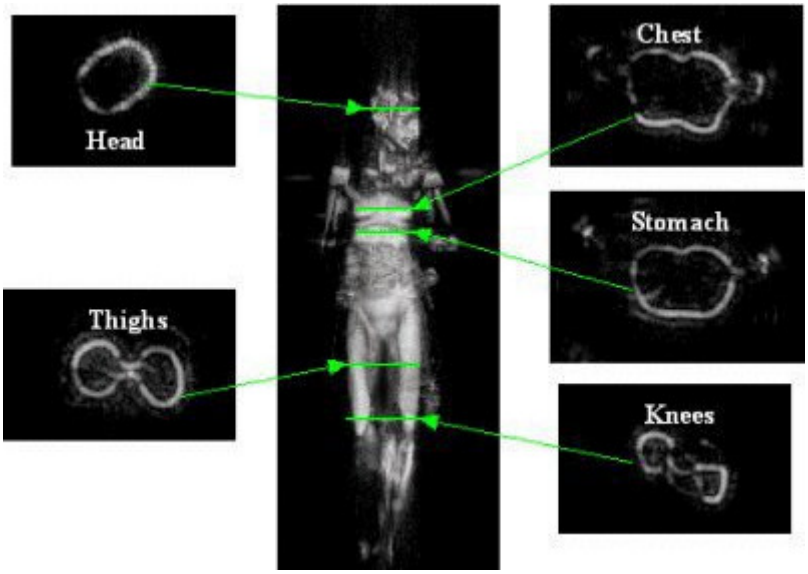


Foto eines Dummies

Radarbild des Dummies, Datenverarbeitung optimiert zur Darstellung des Körpers

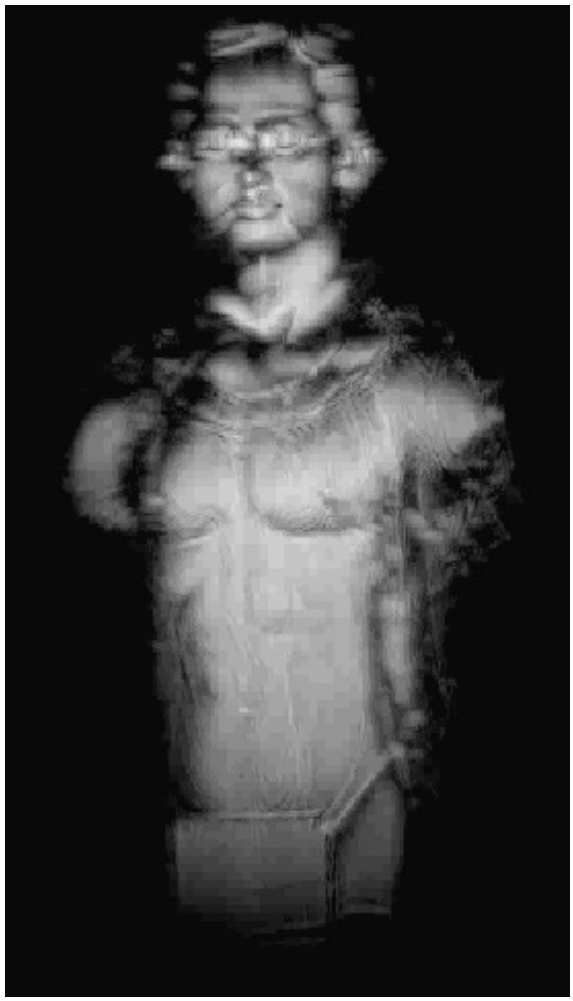
Radarbild des Dummies, Datenverarbeitung optimiert zur Darstellung von Speckle.
Das heißt hier werden stark reflektierende Flächen, zum Beispiel Metalle wie Brillen, Schmuck. Uhren, Piercings, Geldstücke und Scheine (Metallstreifen), Kugelschreiber, Bleistiftminen, Metallknöpfe, Reißverschlüsse, Ösen von Schuhen, Metallplomben und Kronen, Gebisse, Schlüssel, Gürtelschnallen, besonders hervorgehoben. Diese Aufzählung macht deutlich, daß es kein Problem ist, Personen auch unter schlechten Radarbedingungen (Wald, Menschenmasse, Tunnel) zu unterscheiden und auf dem Bildschirm zu verfolgen.

Foto und Radarbild eines Dummies



Radarbild und dazugehörige verschiedene Körperquerschnitte.
Auch diese biometrischen Daten können zur Identifizierung von Personen verwendet werden.

Auf der Internetseite http://www.totalitaer.de finden Sie Filme, die dreidimensionale Radarbilder von Dummies zeigen. Die folgenden 2 Bilder sind Ausschnitte aus diesen Filmen.



Die Bilder und Filme haben wir der Internetseite des Pacific Northwest National Laboratory (http://www.pnl.gov/)entnommen.

Weitere Informationen:
Security Technologies (http://www.pnl.gov/nsd/commercial/)
mm-Wave Imaging Technology (http://www.technet.pnl.gov/sensors/macro/projects/es4mmimg.html)

Entwicklung der Radartechnik

Die Grundlagen der Radartechnik sind bereits seit über 100 Jahren bekannt und wurden bereits frühzeitig technisch nutzbar gemacht. 1886 wies H. Hertz die Reflexion von Radiowellen nach, 1904 ließ sich Christian Hülsmeyer aus Düsseldorf ein Gerät ("Telemobiloskop") zur Ortung durch Messung des Echos ausgesandter Radiowellen patentieren. Auf der Hohenzollernbrücke in Köln führt er am 18. Mai 1904 der Presse das Gerät vor, mit dem er durch Reflektion von Radiowellen die Annäherung eines Schiffes feststellt.

KAISERLICHES PATENTAMT.

AUSGEGEBEN DEN 21. NOVEMBER 1905.

PATENTSCHRIFT

— № 165546 —

KLASSE 74c. 21g Gr. 30/40

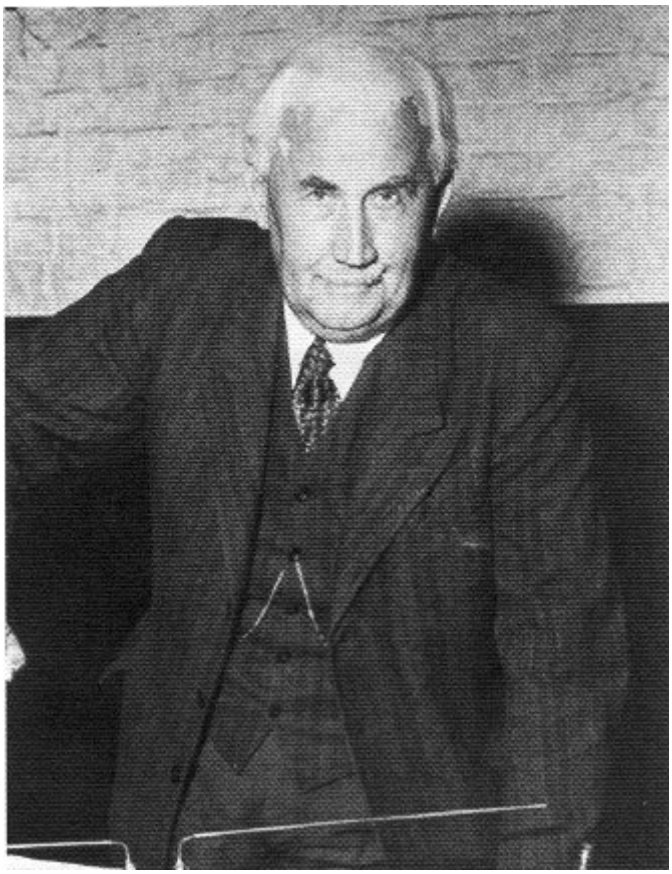
CHR. HÜLSMEYER IN DÜSSELDORF.

Verfahren, um entfernte metallische Gegenstände mittels elektrischer Wellen einem Beobachter zu melden.

Patentiert im Deutschen Reiche vom 30. April 1904 ab.

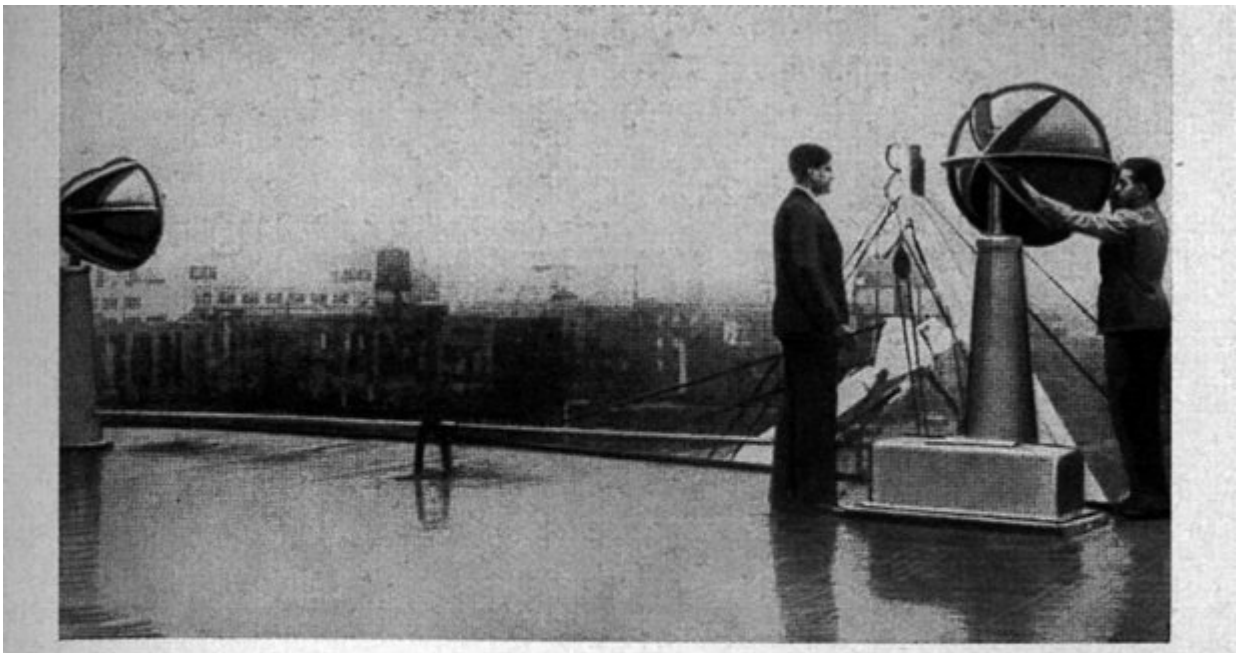
Fig. 1.

Das Telemobiloskop



Christian Hülsmeyer

Die Entwicklung der Kurzwellentechnik ermöglichte es G. Breit und M.A. Tuve 1925, die Höhe der Ionosphäre mittels Hochfrequenzimpulsen zu bestimmen. Währen die Entwicklung in vielen Ländern wie den USA, England und Deutschland gegenüber der Bevölkerung streng geheimgehalten wurde, verwendete bereits 1935 ein französisches Passagierschiff ein Radargerät zur Warnung vor Eisbergen.



Oben: Dieses seltene Bilddokument aus dem Jahr 1935 zeigt die Parabolspiegel der 16-cm-Anlage auf dem französischen Schnelldampfer »Normandie«. Das Radargerät sollte den Atlantikriesen vor Eisbergen warnen.

Interessant ist auch, dass gerade in der deutschen Radartechnik des 2. Weltkrieges Frequenzen verwendet wurden, die besonders geeignet sind, den menschlichen Körper zu erkennen, da die Abmaße des menschlichen Körpers bei Frequenzen von 70-80 MHz in der Längsrichtung sowie bei 400-500 MHz in der Querrichtung der Länge einer abgestimmten Antenne entsprechen. Als Grund für die Verwendung dieser Frequenzen im Bereich um 70-80 MHz und 400-500 MHz wird gelegentlich genannt, dass die deutsche Hochfrequenztechnik nicht in der Lage war, Geräte für höhere Frequenzen herzustellen. Jedenfalls ergab es sich als Folge der militärischen Forschung, dass bereits in den 40er und 50er Jahren Radargeräte zur Verfügung standen, mit denen man sicher ohne Probleme die Anwesenheit menschlicher Körper, auch auf große Entfernungen und durch Wände hindurch, erkennen konnte.

Da diese Geräte für den Einbau in Flugzeuge konstruiert wurden, waren sie nicht allzu groß und schwer. Zu den während des Krieges entwickelten Geräten gehörte zum Beispiel das Gerät FuG 212 Lichtenstein C1 von 1943 mit einem Gewicht von 60 kg, einem Frequenzbereich von 420-480 MHz. Die Anzeige erfolgte auf zwei Oszilloskopbildschirmen, einer für die Richtungs-, der andere für die Entfernungsdarstellung. Das Gerät FuG 220 Lichtenstein SN-2 verwendete bei einem Gewicht von 70 kg einen Frequenzbereich zwischen 37,5 und 118 MHz und Streuwellen, die heute unter dem Begriff Spreizspektrumtechnik bekannt sind. (nach: Geschichte der deutschen Nachtjagd, Gebhard Aders, 2. Auflage, Stuttgart 1978, S.352ff)

Aber auch in anderen Ländern war um diese Zeit bekannt, dass Menschen mit Hilfe von Radar geortet werden können. So wurde das zum Auffinden von U-Booten entwickelte englische A.S.V. (Aircraft to Surface Vessel) Radar während des Krieges auch zum Auffinden von abgestürzten oder abgeschossenen Piloten, die sich in ihr Schlauchboot gerettet hatten, verwendet. (Radar: Die Ortsbestimmung mittels Radiowellen, R.W. Hallows, Bern 1946, S.137) Auch das einzelne Ziel ließ sich in den 40er Jahren bereits mit Radar abtasten, so dass sich ein detaillierteres Bild ergab:

"*(Im Verfahren Barbara) werden die Impulse auf der 9-cm-Welle durch den mächtigen, 7,50 m Durchmesser messenden Antennenspiegel eines (Würzburg-) »Riesen« so scharf gebündelt, daß ein nicht allzu weit entferntes Ziel damit zeilenförmig abgetastet werden kann. Die Auflösung der Radarechos in zahlreiche Einzelheiten zaubert eine fast bildhafte Darstellung des Ziels auf den*

Leuchtschirm. Das "Funksehen" - nicht zu verwechseln mit dem "Fernsehen" ist Wirklichkeit geworden!" Aus: Radar - Duell im Dunkel von Cajus Bekker, Oldenburg/Hamburg 1958, Seite 318f.

Auch phasengesteuerte Antennen (phased array) wurden bereits in den 40er Jahren entwickelt. (Geschichte der deutschen Nachtjagd, Gebhard Aders, 2. Auflage, Stuttgart 1978, S.356f) Bei solchen Antennensystemen findet eine Schwenkung des Radarstrahls durch eine zeitlich unterschiedliche Ansteuerung (also mit unterschiedlicher Phasenlage der Welle) der verschiedenen Antennen statt, so dass die entstehende Wellenfront nicht senkrecht zu der Antenne, sondern in einem bestimmten Winkel zu ihr verläuft. Solche Phased array Systeme sind zur Überwachung besonders geeignet, da sie während des Betriebs keine mechanischen Bewegungen ausführen. Bereits in den 50er und 60er Jahren war die Entwicklung so weit fortgeschritten, dass von den Armeen vieler Länder Gefechtsfeldradargeräte eingesetzt wurden.

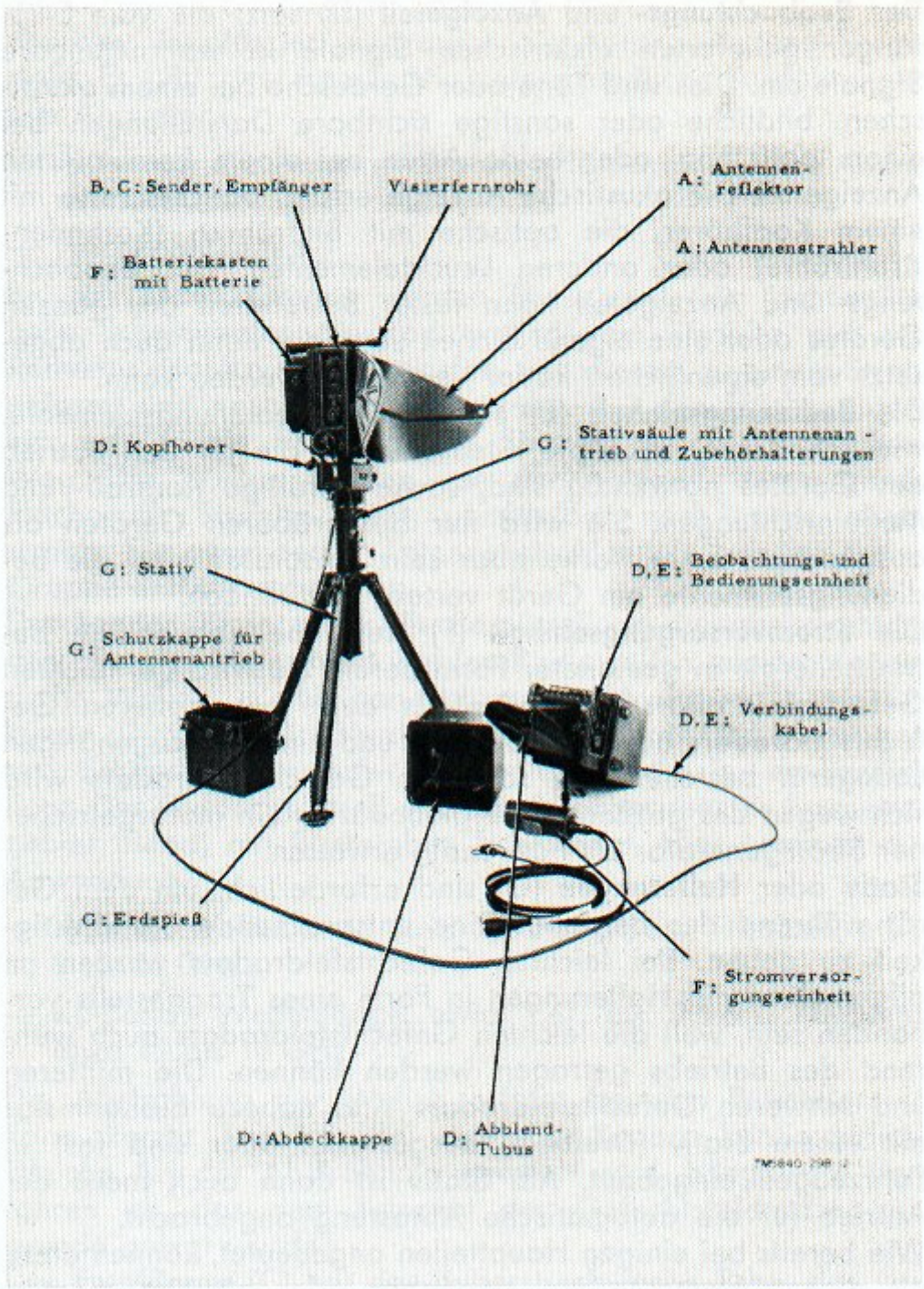


Abb. 44: Hauptteile eines mittleren Gefechtsfeldradars (AN/PPS-5)

Abb. 47: Mittleres Gefechtsfeldradar AN/PPS-5 (AIL/Cuttler-Hammer/USA)

Diese Geräte unterliegen heute offensichtlich der Geheimhaltung.

Die ersten Berichte über die Anwendung von Radartechnik bei biologischen Zielen finden sich bereits vor dem 2. Weltkrieg:

"*Bringt man z.B. Meerschweinchen oder Mäuse in einem Glaskasten ins Kondensatorfeld, so daß sie sich bewegen können, so schwankt der Zeiger des Amperemeters* (Anmerkung: das den Stromverbrauch des Senders misst) *bei jeder Bewegung hin und her. Auch bei stillsitzendem Tier ist ein dauerndes Oscillieren des Zeigers bemerkbar, das den Atembewegungen der Tiere entspricht. Bringt man die Hand ins Kondensatorfeld, so lassen sich durch Bewegungen der Finger kleine Verstimmungen im Kreis herbeiführen. Werden beim Menschen die Kondensatorplatten in die Herzgegend gebracht, so macht sich auch die Herztätigkeit in Bewegungen des Amperemeterzeigers bemerkbar.*

Es liegt auf der Hand, daß derartige Stromschwankungen durch einen Detektor oder sonstiges Empfangsgerät mit Lautsprecher auch ohne weiteres hörbar gemacht werden können oder durch Verbindung des Empfängers mit Seitengalvanometer registriert werden können. Daraus ergibt sich die Möglichkeit, Zustandsänderungen innerhalb des Körpers durch derartige Registriervorrichtungen der

Beobachtung zugänglich zu machen, die auf andere Weise nicht fassbar sind. Hierauf gerichtete Untersuchungen sind bereits im Gange." (aus: Tiefenwirkung im Organismus durch kurze elektrische Wellen: Experimentelle Untersuchungen, Erwin Schliephake. In: Zeitschrift für die gesamte experimentelle Medizin: 66, S. 230-264, Berlin 1929 (S. 244f) (Teil 2, in diesem Dokument zu finden))

"*Der italienische Universitätsprofessor Cazzamalli setzte Versuchspersonen (in den 30er Jahren) in einen abgeschirmten Raum, bestrahlte sie mit hochfrequenten Radiowellen und berichtete, dass er in der Lage war, ein "Klopfen" aufzuzeichnen, dass er mit einem einfachen unabgestimmten Detektorempfänger aus einem Kristall, einem kleinen Kondensator, einer Antenne und einem empfindlichen Strommesser empfing. Bild 1 zeigt Cazzamallis Geräte, wie sie aus seinen frühen Veröffentlichungen hervorgehen.*

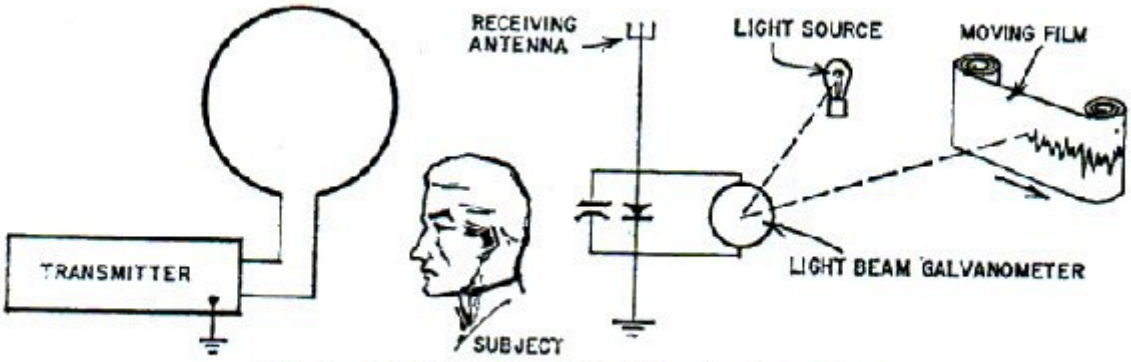


Fig. 1—Cazzamalli used this simple set-up to detect "radiation" from human subjects.

Was er nie erwähnt, vielleicht weil er sie nicht genau messen konnte, ist die Leistung seines Senders. Er veröffentlichte Oszillogramme die nach seinen Angaben verschiedene Arten des "Klopfens" zeigten während seine Versuchspersonen emotional erregt oder kreativ tätig waren" (Aus dem Artikel: "Radio waves and Life" von Tom Jaski in: Radio-Electronics, September 1960, Seiten 43-45)

Man kann wohl davon ausgehen, daß Cazamalli mit seinem Verfahren den Pulsschlag aufzeichnen konnte. Auch die auf dieser Internetseite wiedergegebenen Veröffentlichungen von Moskalenko in Russland über Radarmessungen an biologischen Zielen liegen bereits 45 Jahre zurück.

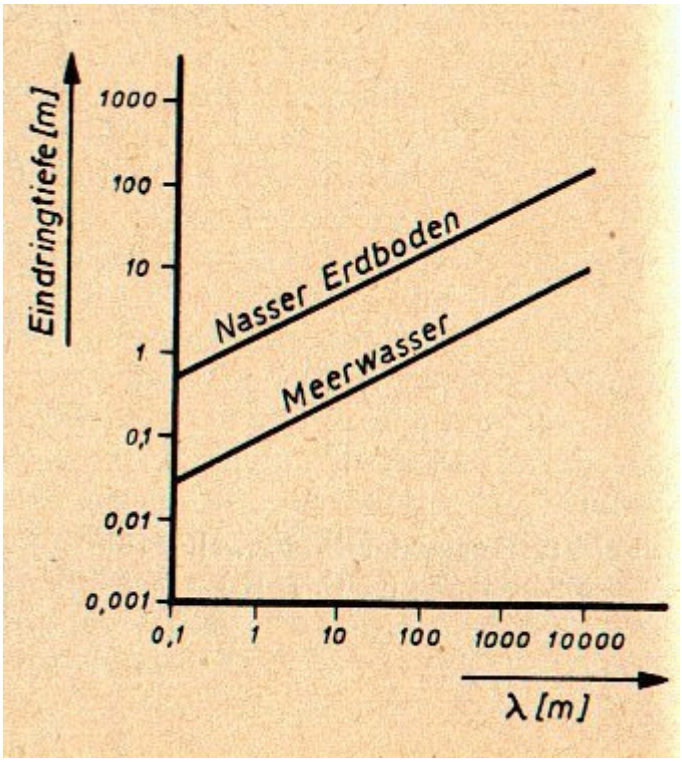
Die ersten beiden Bilder dieses Beitrags stammen aus "Radar - Duell im Dunkel" von Cajus Bekker, Oldenburg/Hamburg 1958, das zweite und dritte Bild aus "Elektronische Aufklärungsmittel" von Otto Horak, München 1971.

Radarüberwachung: Das Durchdringen von Mauern

Bereits frühzeitig war auch bekannt, dass ein Radar Ziele auch durch Mauern und sogar in der Erde erkennen kann.

So fand im Jahre 1937 in Wien ein Kongreß über Kurzwellen statt. Eine Zusammenfassung der gehaltenen Vorträge wurde unter dem Titel: Internationaler Kongreß für Kurzwellen in Physik, Biologie und Medizin, Wien 1937 veröffentlicht. Darin findet sich auf den Seiten 159 bis 163 eine Zusammenfassung des Vortrags von Volker Fritsch aus Brünn in dem er über Versuche zur Anwendung von Funkortungsverfahren im Bergbau berichtet (Neuere Ergebnisse der Funkgeologie und ihre Bedeutung für die Funkmutung). Er hatte mit einer Wellenlänge von 40 Metern, was ungefähr einer Frequenz von 7 MHz entspricht, an verschiedenen Orten brauchbare Ergebnisse erzielt. Auch an die Verwendung mehrerer unterschiedlicher Frequenzen oder eines breitbandigen Spektrums zur Erhöhung der Auflösungsfähigkeit des Verfahrens wurde bereits gedacht.

Und 1952 heißt es in: "Die Fernmeldetechnik" von Werner Feilhauer, Giessen 1952 auf Seite 414:
"*Ausbreitung von Wellen im Boden*
Diese Art von Ausbreitung ist für das Problem der Nachrichtentechnik von recht untergeordneter Bedeutung. Sie wird bei der sogenannten Funkmutung, also geologischen Untersuchungen mit elektrischen Wellen benutzt. Die Eindringtiefe ist abhängig von der Leitfähigkeit des Bodens, und zwar in der Weise, daß sie mit wachsender Leitfähigkeit abnimmt. Bild 774 stellt dar, in welcher Tiefe die Amplitude der Welle auf etwa 2 % abgesunken ist. Wir sehen, daß die Eindringtiefe mit der Wurzel aus der Wellenlänge zunimmt."



Ein solches Bodenradar wurde zum Beispiel Mitte der 70er Jahre in den USA entwickelt. Dazu findet sich in: URSI 1976 Annual Meeting, Amherst, USA auf Seite 36 folgender Bericht von L. Peters mit dem Titel: Electromagnetic transient underground Radar (ETUR) for geophysical Exploration:

"*Bodenradar für geophysikalische Untersuchungen unter Verwendung elektromagnetischer Pulse*
Einfach ausgedrückt handelt es sich bei ETUR um ein konventionelles Radar ohne Träger. Ein kurzer Puls wird in den Boden gesendet und ein von jedem im Verhältnis zur Radarantenne unsymmetrischen Objekt zurückgeworfener Puls wird mit einer zweiten Antenne aufgefangen. Die

Pulslänge ist kurz genug, so dass die Stärke des gesendeten Pulses bei der Rückkehr des reflektierten Pulses vernachlässigbar gering ist. (...) Bei präziser Konstruktion erlauben diese zwei Punkte, nämlich kurze Pulslänge und getrennte Antennen für Sender und Empfänger, ein akzeptables Reichweitenfenster. Die reflektierten Pulse können in Echtzeit auf einem Oszilloskop dargestellt werden. Während der URSI Tagung werden experimentelle Ergebnisse dieses Verfahrens vorgestellt. Diese Ergebnisse umfassen die von Metall und Plastikrohrleitungen, von kurzen Rohrstücken, von Verwerfungen in Felsen, von Tunneln und Kohlebergwerken reflektierten Pulse. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Schrift wird voraussichtlich eine kommerzielle Ausführung des ETUR unter dem Namen Terrascan zum Auffinden von unterirdischen Rohren auf dem Markt sein.

Berechnungen zeigen, dass das Konzept bis in beträchtliche Tiefen (in der Größenordnung von Kilometern) praktikabel ist indem a) längere Antennen und b) längere Pulse niedrigerer Frequenz und höherer, aber noch praktikabler Leistung verwendet werden. (...)
Außer zum Auffinden der erwähnten Ziele sollte ETUR sinnvoll bei verschiedenen Aufgaben einsetzbar sein, wie zum Beispiel dem Auffinden von Grundwasser und von Schäden an Wasserrohren, von aufgegebenen Bergwerken, der Erforschung von Bodenschätzen, von unterirdischen Einbrüchen, zu archäologischen Untersuchungen und so weiter. (...)
Das größte Problem bei der Fernerkundung liegt in der Identifikation der Ursache für das aufgefangene Signal. (...)
Obwohl das Spektrum des aufgefangenen Signals nicht alle hochfrequenten Anteile des ausgestrahlten Pulses enthält (weshalb der aufgefangene reflektierte Puls viel länger als der abgestrahlte ist) enthält er doch ein sehr breites Spektrum. Es ist zu erwarten, dass einige der in der Radartechnik üblicherweise benutzten Identifikationsmethoden angewendet werden können, wenn die reflektierten Signale verschiedener vergrabener Objekte erforscht sind."

Dieses Bodenradar mit der Bezeichnung Terrascan (http://www.terrascan.com.au/home.htm) wird auch heute noch angeboten. Nach dem Buch Radartechnik: Grundlagen und Anwendungen von Jürgen Göbel, Berlin 2001, Seite 179, lassen sich mit einem solchen Ground Penetrating Radar (http://www.groundpenetratingradar.com/) je nach verwendeter Frequenz die oberen Bodenschichten bis in eine Tiefe von 1 bis 100 Metern untersuchen und auf diese Art bei entsprechender Signalverarbeitung dreidimensionale Karten fertigen. Und Häuserwände sind selten dicker als 30 cm. Selbst Gletscher kann man bis in 80 Meter Tiefe untersuchen (http://www.bgr.de/b316/radar/e_res3.htm). Hierbei wurde mit dem Radargerät aus einem Hubschrauber heraus gemessen.

Das oben beschriebene Terrascan Verfahren verwendet einzelne Pulse, deren Verlauf nicht einer bestimmten Frequenz entspricht, sondern aus einer Reihe von unterschiedlichen Frequenzanteilen besteht. Ein solches Verhalten zeigen auch die mit einer Antenne an einem Oszilloskop messbaren Signale, deren jeweiliger Verlauf deutlich von dem bei einem Radiosender üblichen sinusförmigen Verlauf abweicht. Auch sie bestehen aus einer großen Zahl von verschiedenen Frequenzanteilen, so dass sich aus ihnen bei entsprechender Aufarbeitung sehr viele Informationen gewinnen lassen.

Eine messbare Grundfrequenz liegt im Bereich von ca. 5 MHz beziehungsweise 15 MHz. Radargeräte werden auch in diesem Frequenzbereich betrieben. So wurde zum Beispiel von der kanadischen Firma Northern Radar Systems Limited ein See- und Luftraumüberwachungsradar in diesem Frequenzbereich entwickelt. Mit einer Reichweite von bis zu 400 km können Zielobjekte wie Schiffe, Flugzeuge (auch niedrig fliegende) und Eisberge überwacht werden. Die Auflösung dieses Radars ist so gut, dass außerdem die Strömungen an der Meeresoberfläche sowie der Wellengang gemessen werden können.

Da es mit solchen Radargeräten im Frequenzbereich zwischen 3 MHz und 30 MHz sogar möglich ist, Ziele bis in Entfernungen von 1000 km, also bis hinter den optischen Horizont zu verfolgen, tragen sie die Bezeichnung over the horizon radar (OTHR).

Dazu lesen wir in dem Buch "Radartechnik: Grundlagen und Anwendungen" von Jürgen Göbel, Berlin 2001 auf Seite 31f:
"*Ein Beispiel hierfür ist das AN/TPS-71, ein Überwachungsradar für große Gebiete, das z.B. bei der Bekämpfung des (Drogen-) Schmuggels in Zentralamerika eingesetzt wird. Die Wellenlänge ist von 10 m bis 60 m variierbar (entsprechend Frequenzen von 5 MHz bis 30 MHz), wodurch sich für eine hohe Bündelung große Antennenabmessungen ergeben. So ist für die Erzielung einer Auflösung im Azimut von 0,5° (bei 15 MHz) eine Antennenlänge von 2,5 km erforderlich. Über diese Länge sind insgesamt 372 Unipole verteilt, die jeweils über einen eigenen Empfänger verfügen. Die*

Empfangssignale werden u.a. auf den Doppler-Effekt (...) hin ausgewertet, so daß eine Bewegtzieltrennung bzw. -erkennung möglich ist. Nachteilig ist das zeitlich stark veränderliche und nur im Rahmen statistischer Betrachtungen vorhersehbare Verhalten. Darüberhinaus ist davon auszugehen, daß ein Ziel i.a. durch mehrere Strahlen beleuchtet wird und auch mehrere Echosignale von einem Ziel zu den Empfängern gelangen. Um trotzdem ein funktionsfähiges System zu erhalten, sind adaptive Kompensationsverfahren erforderlich"

Natürlich ist für die Überwachung der Bevölkerung kein weit reichendes Radar notwendig, Vielmehr macht man sich in diesem Fall die gute Durchdringungsfähigkeit der Kurzwellen zu nutze. Durch die hohen Frequenzanteile wird die Auflösung bedeutend verbessert. Aber diese hohen Frequenzanteile werden vergleichsweise leicht beim Durchgang durch Hindernisse verringert, so dass die Auflösung verringert wird.

Abhören und Überwachung mit Radartechnik

Von besonderer Bedeutung in der Hochfrequenztechnik sind Resonanzeffekte der elektromagnetischen Wellen mit den verschiedensten Körpern die sich in ihrem Bereich befinden. Resonanzen treten dann auf, wenn sich ein leitfähiger Körper, also zum Beispiel ein Metallgegenstand oder ein menschlicher Körper in einem Hochfrequenzfeld befindet. Die Bedingungen für die Resonanz findet sich zum Beispiel in: "Electromagnetic Fields and the Life Environment" von Karel Marha und Jan Musil, San Francisco 1971 auf Seite 30:
"*Wenn die Abmaße eines Teils eines bestrahlten Objektes vergleichbar ist mit der Wellenlänge (zum Beispiel ein ganzzahliges Vielfaches der Hälfte der Wellenlänge) können dort stehenden Wellen*" (also Resonanz mit der einwirkenden elektromagnetischen Welle) "*auftreten.*"

Die Resonanzeffekte erleichtern die Energieübertragung. Aus diesem Grund haben zum Beispiel die Antennen von Funk- und Radiogeräten eine auf die jeweilige Frequenz abgestimmte Länge. Die Antenne wird also in der Regel im Resonanzbereich der verwendeten elektromagnetischen Wellen betrieben, so dass die Antennen von Radioempfängern für den UKW Bereich im allgemeinen eine Länge von ca. 75 cm besitzen.
"*Bei Resonanz kann die aufgenommene Energie die des den reinen Körper bestrahlende Energie übersteigen. Bei Resonanz kann die effektive elektrische Oberfläche eines verlustbehafteten Ziels niedriger elektrischer Leitfähigkeit um eine Größenordnung größer sein als ihre physikalische Fläche*" (Justesen, D.R., Microwaves and behavior, in: American Psychologist 30: 391-401, 1975)

Im Allgemeinen wird die Querschnittsfläche des menschlichen Körpers für Radargeräte mit ca. 1 Quadratmeter angegeben (z.B.: M.I. Skolnik, Introduction to Radar Systems, New York 1980, Seite 44). Aber im Resonanzfall, also bei 70 MHz bis 80 MHz (Wellenlänge ca. 4m) beträgt die Radarfläche des Körpers nach der von Jürgen Göbel in: Radartechnik - Grundlagen und Anwendungen, Berlin 2001 angegebenen Formel für einen zum Hochfrequenzfeld senkrechten Dipol dessen Länge der Hälfte der Wellenlänge enstpricht:
0,22 x Wellenlänge/hoch 2
also 0,22 x 4m/hoch2
also 0,22x 16m/hoch2
also ca. 3 Quadratmeter

Wie man sieht ist also der Resonanzfall in der Hochfrequenztechnik von ganz besonderer Bedeutung. Für den menschlichen Körper werden verschiedene Resonanzfrequenzen angegeben: "*Die Resonanzfrequenz des menschlichen Kopfes liegt zwischen 400 und 500 MHz während in der Längsachse des Körpers die Resonanzfrequenz und damit die höchste Absorption elektromagnetischer Wellen für geerdete Körper um 35 MHz und für isolierte Körper um 70 MHz liegt. In den Achsen des Körpers von vorne nach hinten und von rechts nach links liegt die Resonanzfrequenz zwischen 135 MHz und 165 MHz.*" (W.R. Adey: Tissue interactions with nonionizing electromagnetic Fields, (S.455), in: Physiological Reviews, Vol 61, Bethesda, 1981, Seiten 435-514)

oder:
"*Für Frequenzen zwischen dem vier- und dem neunfachen der Resonanzfrequenz für die E Konfiguration*" (Anmerkung: also das elektrische Feld in der Höhe des Menschen) "*gibt es relativ geringe Unterschiede in der Absorptionsrate für alle 3 Polarisationen. Für Menschen entspricht das den Frequenzen zwischen 250 und 550 MHz.*" (Maria A. Stuchly: Health Aspects of Radio Frequency and Microwave Radiation Exposure. Part 1, Seite 34 Ottawa 1977)

Aber nicht nur die einzelnen Körperglieder bis hin zu den Fingern haben ihre jeweilige von der Größe abhängende Resonanzfrequenz, sondern auch die inneren Organ und die Hohlräume des Körpers. Auch bei ihnen ist die jeweilige Resonanzfrequenz von der Größe abhängig. So ist die Resonanzfrequenz des Herzens höher als die des Brustkorbs. Wenn der menschliche Körper mit einer Resonanzfrequenz für ein bestimmtes Organ bestrahlt wird, so nimmt dieses besonders viel hochfrequente Energie auf und strahlt diese dann auch wieder ab. Das heißt also, dass das entsprechende Organ oder Körperteil mit Hilfe seiner Resonanzfrequenz besonders gut vom Radar erfasst werden kann.

Daraus folgt, dass Zustandsänderungen des betreffenden Organs oder Hohlraumes des Körpers sich mit Hilfe seiner jeweiligen Resonanzfrequenz besonders gut verfolgen und von Störungen durch andere Einflüsse auf die Radiofrequenzstrahlung trennen lassen. Vor allem Änderungen die die Resonanzfrequenz des Organs oder Hohlraumes betreffen wirken sich besonders aus. Wenn sich die Größe des Herzens während des Pumpvorgangs verändert, verändert sich auch die vom Herzen aufgenommene und wieder abgestrahlte Energie. Die wieder abgestrahlte Energie ist also mit der Pumpfrequenz des Herzens amplitudenmoduliert. Diese Modulation lässt sich mit dem Radarempfänger demodulieren, so dass man den Pumpvorgang besonders gut beobachten kann.

Beim Sprechen wird der entstehende Schall zuerst in Körperschall, also vor allem in Schwingungen des Schädels, aber auch der anderen Körperhohlräume umgewandelt, und dann an die umgebende Luft abgegeben. Auch diese Schwingungen des Schädels und der anderen Körperhohlräume beeinflussen natürlich die jeweilige Resonanzfrequenz des Schädels und der Hohlräume des Körpers. Wenn nun zum Beispiel der Kopf mit seiner ungefähren Resonanzfrequenz bestrahlt wird, dann ist die von ihm wieder abgestrahlte Sekundärstrahlung mit der Sprache amplitudenmoduliert. Auch diese Modulation lässt sich demodulieren und so die Sprache der betreffenden Person hörbar machen, und zwar unabhängig von Umgebungsgeräuschen, da diese, verglichen mit der eigenen Sprache, auf den Körperschall nur relativ geringen Einfluß haben.

Es ist durchaus vorstellbar, dass man so das Flüstern einer Person, die sich neben einem startenden Flugzeug befindet, abhören kann. Eine solche Abhörmaßnahme ist auf große Entfernung durchführbar. Sie entspricht im Prinzip der von den Russen beim Abhören der amerikanischen Botschaft in den 40er Jahren verwendeten Technik mit dem passiven Mikrofon (siehe Sender). Nach der Entdeckung dieses Mikrofons wurde von den Russen dann wohl das gerade beschriebene Radarabhören verwendet, dessen Radiofrequenzstrahlung unter der Bezeichnung "Moskauer Signal" bekannt wurde.

Zum Abhören mit Hilfe der Radartechnik kann man ein ungepulstes oder ein gepulstes Signal verwenden, wenn die Pulswiderholrate höher ist als die Frequenz der Sprache, also zum Beispiel 25 000 oder 50 000 Pulse pro Sekunde beträgt (der für den Menschen hörbare Frequenzbereich liegt zwischen einigen 100 und 20 000 Hertz. Es wird dann die Änderungen der Stärke der einzelnen Pulse ausgewertet. Auch das Signal muß nicht aus einer einzigen Frequenz bestehen, sondern kann ein Hochfrequenzpuls mit einem breiten Frequenzspektrum sein, wie es zum Beispiel beim Terrascan Verfahren verwendet wird. In diesem Fall wird dann das ganze Signal auf verwertbare Modulation untersucht. Prinzipiell lässt sich so jeder Hohlraum in ein Mikrofon verwandeln, das mit Hilfe eines Radargerätes ausgelesen werden kann. Die entsprechende Modulation kann, auch wenn sie sehr schwach ist, durch entsprechende Verstärkung hörbar gemacht werden.

Dieses Abhörverfahren ist sicher auch in der Lage auf große Entfernungen und durch eine bedeutende Zahl von Hindernissen hindurch Gespräche zu belauschen. Es sei an die Radaranlagen erinnert, die von den Geheimdiensten zum Beispiel auf der Wasserkuppe in der Rhön und auf dem Teufelsberg im Berliner Westen betrieben wurden, um die DDR auszuspionieren.

Die Bedeutung der Resonanzfrequenz wurde bisher bei Veröffentlichungen auf dem Gebiet der Radartechnik und der biologischen Wirkung von Radiofrequenzstrahlung viel zu wenig berücksichtigt. Sicherlich hat jeder Mensch, abhängig von seiner Größe und der Größe seiner Gliedmaßen, Organe und Körperhohlräume eine charakteristische Radarsignatur. Das bedeutet, dass ein Hochfrequenzimpuls, der aus einem breiten Frequenzspektrum besteht, durch jede Person geringfügig anders beeinflusst wird. Vor allem das Verhältnis zwischen den Stärken der verschiedenen Frequenzbereiche der vom jeweiligen Körper abgestrahlten Sekundärstrahlung ergibt wohl verwertbare Informationen, um Personen zu unterscheiden. Über die unterschiedlichen Resonanzfrequenzen verschiedener Personen wurde schon 1960 im Zusammenhang mit der biologischen Wirkung von Radiofrequenzstrahlung berichtet:
"*In einem vorangegangenen Experiment zeigte sich in ziemlich beunruhigender Weise, dass keine hohe Leistung nötig ist um eine Wirkung im menschlichen Nervensystem hervorzurufen. Tatsächlich schien es als ob es eine Art von Resonanzfrequenz für jede einzelne Person gibt.*" (Tom Jaski: "Radio waves and Life" in: Radio-Electronics, September 1960, 43-45)

Über das direkte Abhören von Körperschall durch das Ausmessen von Bewegungen der Körperoberfläche finden sie hier Informationen:
http://gtresearchnews.gatech.edu/newsrelease/FLASH_SP.html (Radar flashlight for through-the-wall detection of humans)

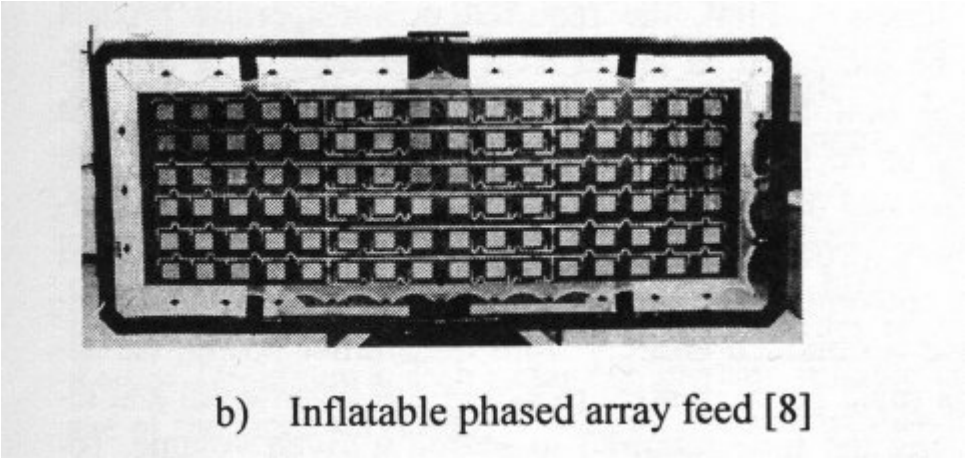
Weitere Informationen:
http://www.cambridgeconsultants.com/icp_throughwallradar.shtml (Through-Wall Radar)

Passives Radar

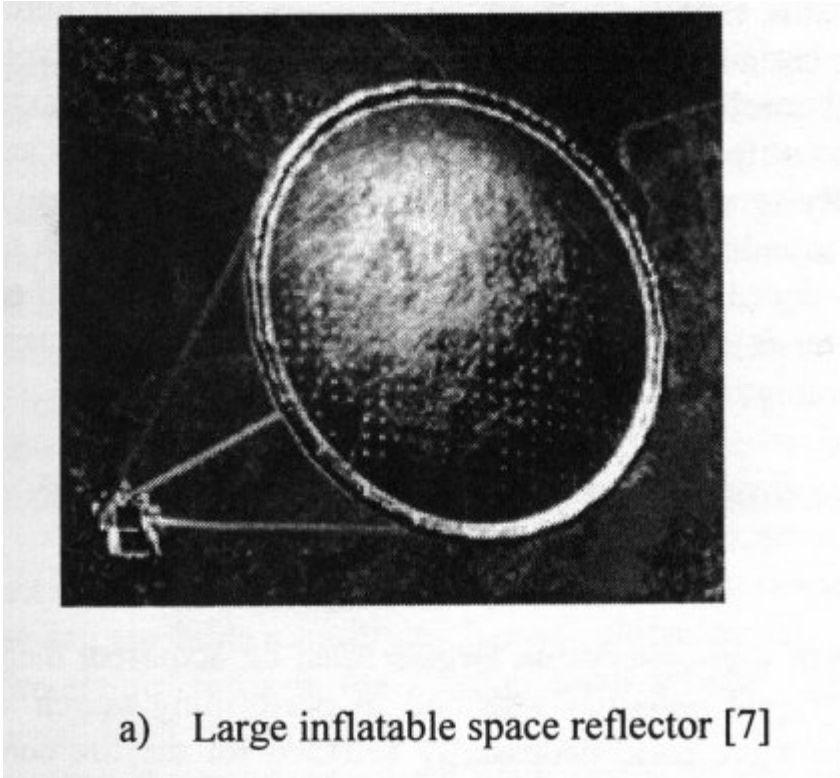
Ist elektromagnetische Strahlung ausreichender Stärke vorhanden, dann kann diese auch auf größere Entfernung empfangen und ausgewertet werden. Besonders gut dazu geeignet sind Pulse von Radargeräten die zur Überwachung eingesetzt werden, da solche Signale zum Abhören und zur visuellen Überwachung von Personen optimiert sind.

Viele Länder betreiben Spionagesatelliten und haben dadurch die Möglichkeit sich in die Radarüberwachung auf der Erdoberfläche hineinzuhängen. Der Aufbau einiger älterer Spionagesatelliten der USA ist veröffentlicht. Diese Satelliten entfalten im Weltall Antennensegel von bis zu 150 Meter Durchmesser. Es handelt sich dabei um phasengesteuerte Antennen. Bei diesen Antennen sind sehr viele Einzelantennen zusammengeschaltet, so das eine genaue Ausrichtung auf einzelne Signale möglich ist.

Die folgenden zwei Bilder stammen aus: "Technology challenges in affordable space based radar", Mark E. Davis in: "The record of the IEEE 2000 International Radar Conference", Picataway, 2000; Seite 18 ff.

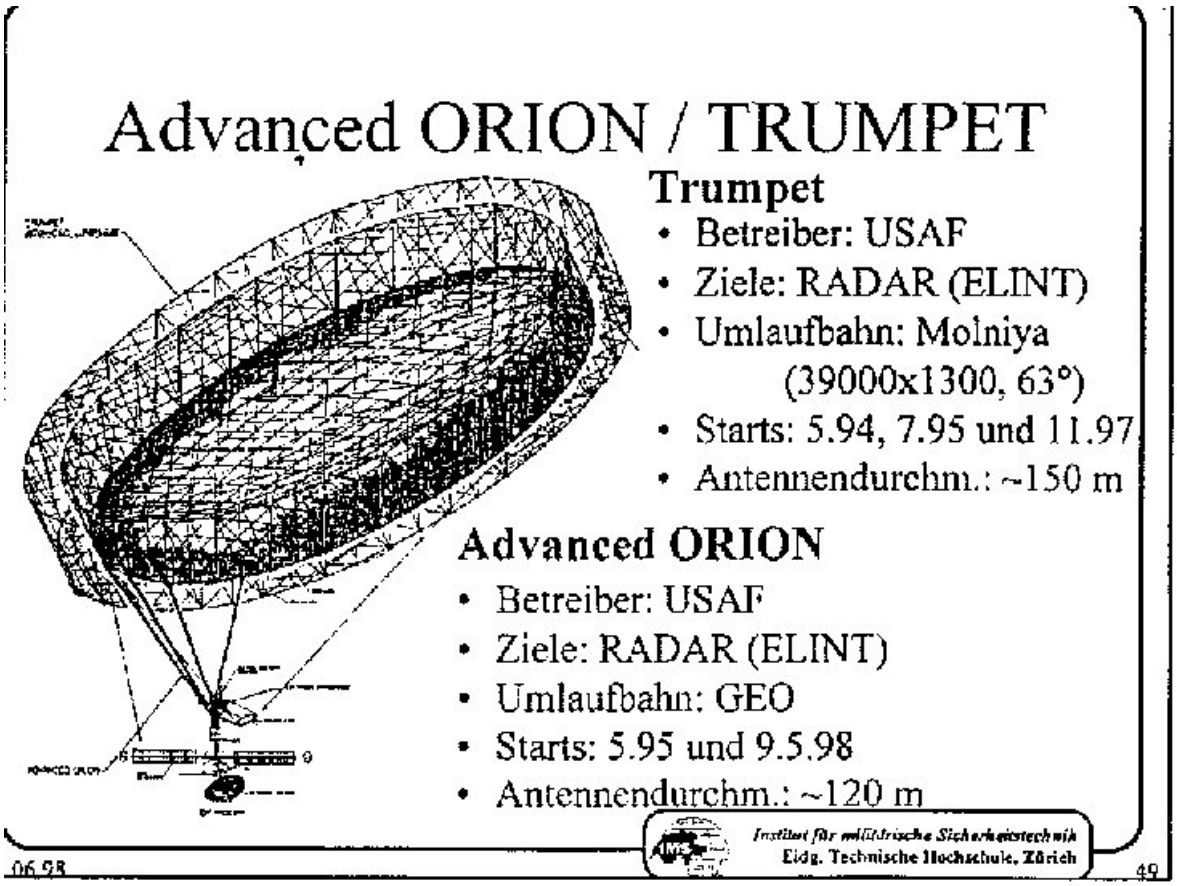


Die phasengesteuerte Antennenanlage ist auf einem aufblasbaren Ballon montiert.



Auch der Reflektor der Antenne wird im All einfach aufgeblasen.

Das folgende Bild aus "Spezielle Technologien, elektromagnetische Risiken und Schutztechnik" von Jacob Gut, Institut für militärische Sicherheitstechnik der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich zeigt den Aufbau und einige Daten von Trumpet und Advanced Orion.



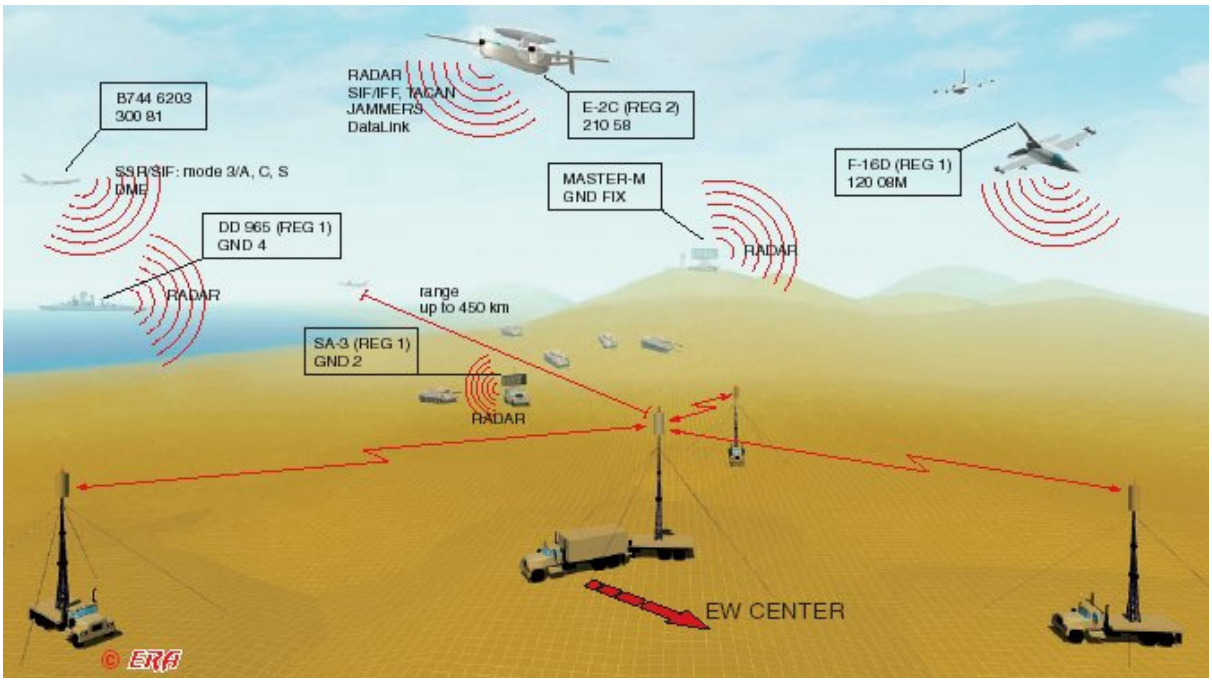
Trumpet kreist auf der Umlaufbahn Molniya um die Erde, der Abstand zur Erdoberfläche schwankt dabei zwischen 500 km und 20000 km. Advanced Orion ist in einer geostationären Umlaufbahn positioniert, der Abstand beträgt konstant 35786 km. Trumpet kann nah an Ziele herankommen, Advanced Orion kann über einem bestimmten Punkt der Erdoberfläche positioniert werden.

In Deutschland betreibt der Staat flächendeckend Radargeräte zur Überwachung von Untertanen, von Firmen, Fahrzeugen usw. Die von diesen Geräten abgestrahlten Signale (siehe Beitrag „Messungen“) können unter anderem mit Spionagesatelliten empfangen und ausgewertet werden. Dadurch wird der Staat zum größten Verräter von staatlichen, geschäftlichen und privaten Geheimnissen.

Neben Radarsignalen kann auch die Strahlung von Radio- und Fernsehsendern, von Mobilfunksendern, Störsendern, Sendern zur Daten- und Sprachübertragung zur Überwachung genutzt werden. Es werden Empfängersysteme hergestellt, die die verschiedenen vorhandenen Sender auswerten. Diese Systeme werden manchmal passives Radar genannt und können sogar Tarnkappenbomber und Transportmittel ähnlicher Bauweise orten.

Bei diesen Systemen werden einige Empfänger bis zu mehrere Kilometer voneinander getrennt betrieben und zum Datenaustausch miteinander verbunden. Da diese Geräte selber keine Signale abstrahlen sind sie schwer zu orten und haben einen geringen Stromverbrauch. Nicht nur mit Spionagesatelliten sondern auch mit Anlagen dieser Art kann die örtliche Radarüberwachung mitbenutzt werden. Die Empfänger haben eine Reichweite von mehreren hundert Kilometern. Werden sie in Grenznähe betrieben können sie auf große Entfernungen das Nachbarland, falls es seine Bevölkerung mit Radar bespitzelt, überwachen.

Die tschechische Firma Era verkauft für militärische Anwendungen das passive Überwachungssystem Vera-E, das eine Reichweite von bis zu 450 km hat. Die Funktionsweise zeigt das folgende Bild, das wir der Internetseite von Era entnommen haben



Die Firma Lockheed Martin stellt "Silent Sentry" her, das System kann außer Radarsignalen auch die Strahlung vorhandener Fernseh- und Runkfunksender auswerten und hat eine Reichweite von 135 Meilen.

Die Universität Washington hat Empfänger entwickelt um die Atmosphäre zu überwachen. Die Manastash Ridge Radar genannte Anlage wertet dazu die Strahlung vorhandener UKW-Sender aus. Auch die Strahlung von Mobilfunksendern wird zur Überwachung genutzt. Der Empfänger vergleicht die Signale die er direkt von den Sendern empfängt mit den Signalen, die vor dem Empfang an Personen oder Gegenständen reflektiert wurden.

Solche Geräte können zur Überwachung von Personen und Fahrzeugen, aber auch zur Luftraum- oder Küstenüberwachung eingesetzt werden. In vielen Ländern gibt es ein dichtes Netz von Mobilfunksendern und so können immer mehrere Sender gleichzeitig genutzt werden. Die Signale von Mobilfunksendern sind meistens schwach und so sind auch die Überwachungsmöglichkeiten mit diesen Geräten begrenzt. Die Firma Roke Manor Research stellt einen Empfänger mit dem Namen Celldar her .

Diese Technik wird von Bundesnachrichtendienst und Verfassungsschutz wohl eher selten im Inland eingesetzt. Die greifen auf die landesweite Radarüberwachung zurück, die weitaus bessere Ergebnisse liefert. Ein Anwendungsgebiet ist jedoch die Spionage und die verdeckte Verfolgung von Personen im Ausland.

Radarüberwachung: Veröffentlichungen

Es hat immer mal wieder mehr oder weniger deutliche Veröffentlichungen gegeben, die sich auf die Überwachung auch mit Radar beziehen. So zum Beispiel in: Krieg der Gaukler - Das Versagen der deutschen Geheimdienste von Hans Halter, Göttingen 1993. Darin heißt es auf Seite 266:

"*1961 hat der SPD-Bundestagsabgeordnete Adolf Arndt (...) das "Problem des belauschten Bürgers" ein "Jedermannsproblem", eindringlich und endgültig analysiert:*
"Das Problem des belauschten Bürgers weckt nicht nur den Zweifel, ob der Mensch so vor sich bestehen kann, sondern wirft auch die Frage auf, ob Demokratie so noch möglich ist. Denn um Demokratie von der Wurzel her wachsen zu lassen, ist für den Jedermann der ein `Einzelner´ ist, Freiheit von Furcht das erste Erfordernis. Der belauschte Bürger ist jedoch der geängstigte Bürger. Er ist der aus dem Dunklen geröntgte Mensch, der von Blicken durchdrungen wird, die er nicht sieht. Sein Staat liegt nicht mehr verläßlich im Hellen."

Wenn bereits 1961 das Problem des belauschten Bürgers ein Jedermannsproblem war, wie mag das erst heute aussehen? Und wenn in Frage gestellt wurde, ob so noch Demokratie möglich ist, dann lautete die Antwort heute: Nein, denn ein nicht unbedeutender Teil der Bevölkerung wird vom staatlichen Machtapparat erpresst oder mit Gewalt zum Schweigen gebracht. Sicher fand 1961 keine umfassende Bespitzelung der Bevölkerung mit technischen Mitteln statt. Trotzdem wird ziemlich deutlich darauf verwiesen, dass der Bürger aus dem Dunkel durchleuchtet wird.

Auch in Russland war diese Art der Überwachung der Opposition in den entsprechenden Kreisen bekannt. Denn in dem 1971 in München veröffentlichten Buch "Opposition: Eine neue Geisteskrankheit in der Sowjetunion?" von Wladimir Bukowskij, herausgegeben von Jean-Jacques Marie findet sich auf Seite 43 folgender Auszug aus einem offenen Brief eines Dissidenten an den Präsidenten des Komitees für Staatssicherheit (KGB) im Ministerrat der UdSSR, Jurij Wladimirowitsch Andropow in dem verschiedene Unterdrückungsmaßnahmen gegen Oppositionelle beschrieben werden:

"*Meine Wohnung und die Menschen, die sie besuchen, werden Tag und Nacht peinlich genau überwacht, wobei außer der Überwachung mit Fernglas noch eine Spezialapparatur verwendet wird. Ihre Mitarbeiter haben für diese Arbeit zwei Wohnungen in einem benachbarten Haus zugewiesen erhalten, aus deren Fenstern man die meine beobachten kann.*"

Es handelt sich bei dieser Spezialapparatur doch wohl um ein Radargerät. Es wäre interessant festzustellen, ob in dem Originalbrief diese Spezialapparatur genauer benannt wird, also eine Säuberung des Textes für die Veröffentlichung im Westen durchgeführt wurde.

Aber auch in den Büchern von Günter Wahl zur Abhörtechnik finden sich einige Radartechniken beschrieben. So zum Beispiel das Hochfrequenzfluten von Telefongeräten in dem Buch Minispione V, Stuttgart 1980 auf Seite 53:
"*Ein weiteres Verfahren (zum Abhören des Telefons) ist unter dem Begriff "HF-Fluten" bekannt. Angeblich soll bei dieser Methode durch drahtgebundenes Einkoppeln von Hochfrequenz das Innere des Telefons in Eigenresonanz versetzt werden. Das Kohlemikrofon im Hörer bedämpft dabei offensichtlich die Resonanz im Rhythmus der Niederfrequenz. Die hierbei entstehende Amplituden-Modulation wird dann vermutlich mittels eines entsprechenden Gerätes ausgewertet. Genaueres ist über dieses Verfahren jedoch bisher nicht bekannt geworden.*"

Natürlich lässt sich die Hochfrequenz nicht nur über Draht, sondern auch drahtlos in das Telefon einkoppeln, wie sich bei der Abhöraktion der amerikanischen Botschaft in Moskau in den 50er Jahren gezeigt hat, wo ein spezielles Mikrofon verwendet worden war. Eine weitere Radar Abhörtechnik mißt die durch den Schall verursachten Bewegungen der Fensterscheiben. Dieses wurde bereits 1969 veröffentlicht:

"*Unter Zuhilfenahme von mm-Wellen würde sich schließlich die Installation von Minispionen erübrigen. Die Fensterscheiben des betreffenden Raumes werden von außen mit mm-Wellen angestrahlt. Durch die Schallschwingungen der Scheiben ergeben sich winzige Wegunterschiede zwischen den*

ankommenden und den reflektierten Wellen. Die Scheiben vibrieren um zehntel oder hundertstel Millimeter je nach Lautstärke und im Rhythmus der Sprachschwingungen.

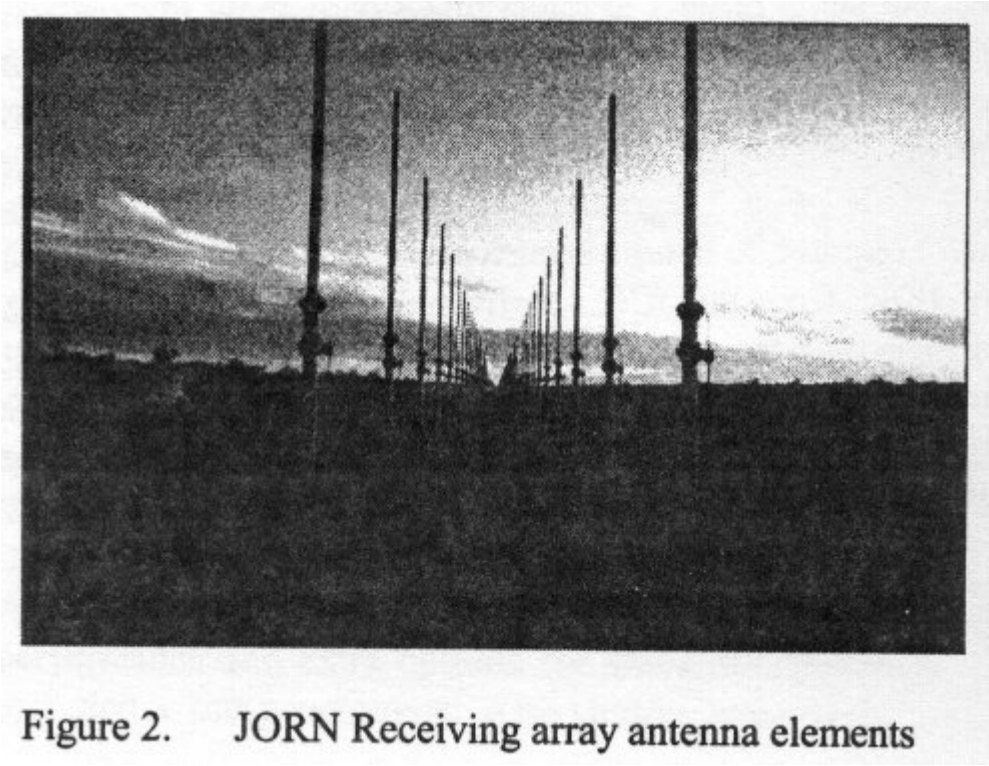
Dies genügt bereits für eine ausnutzbare Modulation (Phasenunterschied) und damit zur technischen Wahrnehmung von Gesprächen. In Innenstädten mit großer Verkehrsdichte und damit lautem Straßenlärm kann das Verfahren kaum angewendet werden, da die Fensterscheiben vom äußeren Schall unter Umständen stärker beeinflusst sind als vom Schall der innerhalb des Raumes geführten Gespräche." (Günter Wahl, Minispione I, Stuttgart 1969,11. Auflage 1982, Seite 40-42.

Auch der Verleger Axel Springer war sich darüber im Klaren, dass die DDR sein direkt an der Mauer errichtetes Verlagshaus abhörte:
"*Springer wusste um die Verwundbarkeit seines exponierten Sitzes. "Wir werden sicher vom Osten mit Richtmikrofonen oder Strahlen abgehört", vertraute er einem Mitarbeiter (...) an.*" Aus: "Die Stasi saß in Springers Büro", Die Welt, 1.4.2001, Onlineausgabe

Radarantennen Teil 1

Wer an Radar denkt, stellt sich normalerweise rotierende Antennen vor, die im Mikrowellenbereich arbeiten. Tatsächlich gibt es auch Radargeräte, die im Kurzwellenbereich betrieben werden oder Breitbandpulse abstrahlen. Wegen der Größe der damit verbundenen Antennen lassen sich diese nicht mehr mechanisch bewegen. In diesem Fall greift man auf die Technik der phasengesteuerten Antennenanlagen zurück mit der der Radarstrahl elektronisch in eine bestimmte Richtung gelenkt werden kann.

Die US-Marine verwendet zum Beispiel ein mobiles Kurzwellenradar (3- 30 MHz) zur weiträumigen Seeüberwachung. Diese Radargeräte haben den Vorteil, daß sie der Erdkrümmung folgen und so auch Ziele hinter dem Horizont sichtbar machen können (nach: "HF Radar ship detection through clutter cancellation", Benjamin Root; in: "Proceedings of the 1998 IEEE Radar Conference", Dallas, Texas 1998 Seite 281 ff.). Leider war in diesem Aufsatz kein Foto dieses Radars, aber ein Foto einer vergleichbaren australischen Anlage ist veröffentlicht in "Project Jindalee: From bare bones to operational OTHR", Dr. Samuel B. Colegrove in: "The record of the IEEE 2000 International Radar Conference", Piscataway, 2000.



Empfangsantennen dieses australischen Radars

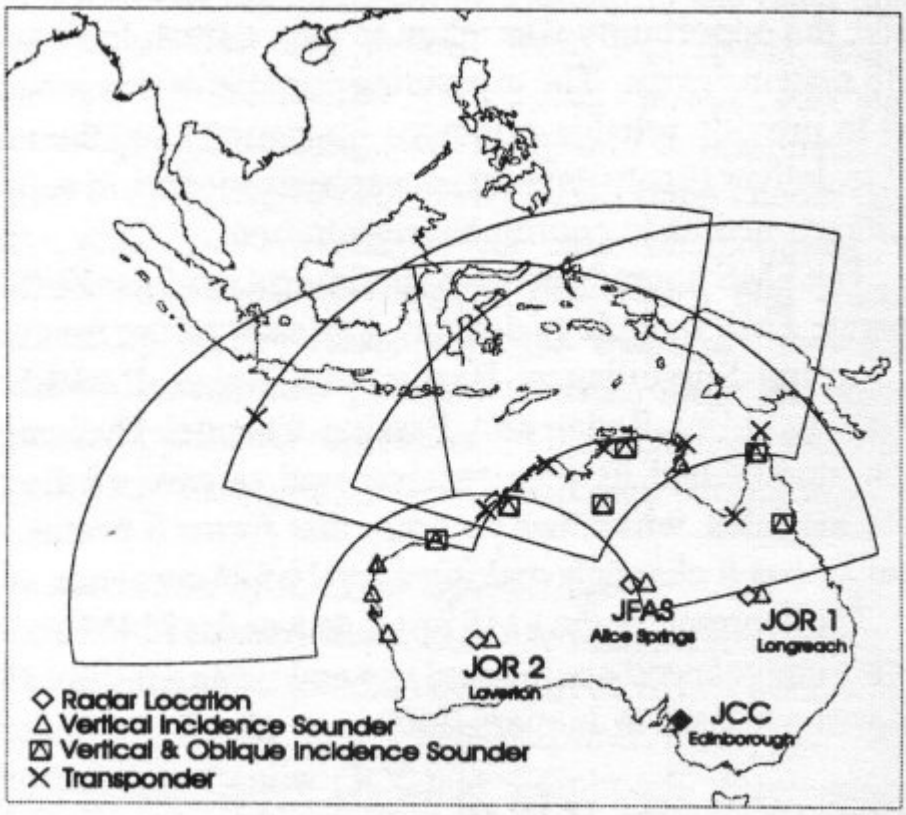


Figure 1. Australian OTHR site locations.

Diese Karte zeigt die Standorte und die Reichweiten des australischen über den Horizont Radars (OTHR-Over the horizon radar)

CAND98/0153-25
JORN PROJECT RECEIVER SITE ANTENNA ARRAY, LAVERTON W.A.
PIC BY CPL DAVE BROOS, DEFENCE PUBLIC AFFAIRS.

Diese bessere Aufnahme haben wir aus dem Internet (http://www.niksar.com.au/project-JORN.htm)

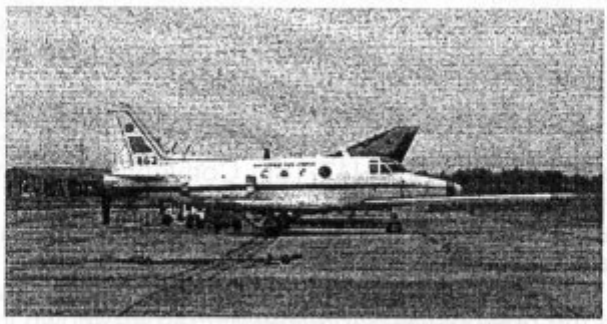


Figure 2. The Sabreliner aircraft, owned and operated by FMV:Prov, with the antenna system for CARABAS II installed.

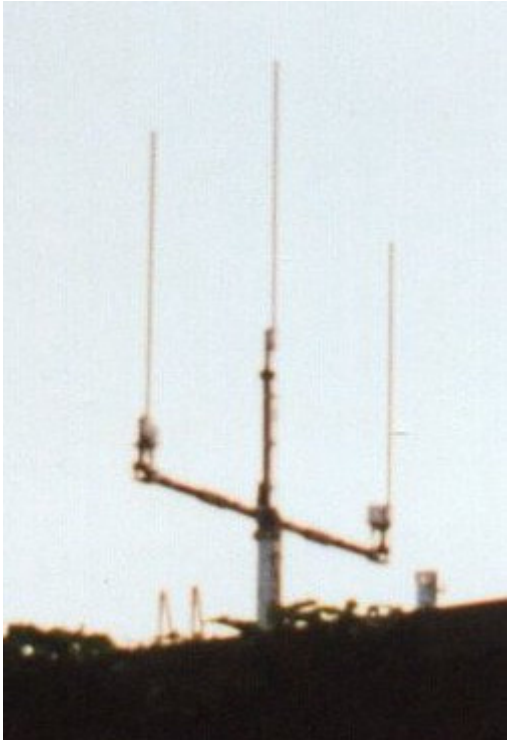
Auch in Flugzeuge werden solche Radargeräte eingebaut. Es handelt sich hier um das Carabas-

Radar das in einem Frequenzbereich von 20-90 MHz arbeitet. Es wird in Schweden unter anderem eingesetzt um den Holzertrag von Wäldern zu erfassen, obwohl es ursprünglich eine militärische Entwicklung ist. Das Bild stammt aus: "Baltasar - A multifrequency SAR experiment ranging from VHF- to X-band" von A. Gustavsson et. al. in "IRS 98 International Radar Symposium", Band 3 Seite 1329 ff., München 1998.

Auch hierzu findet sich eine bessere Aufnahme im Internet (http://www.rss.chalmers.se/rsg/Research/Carabas/).

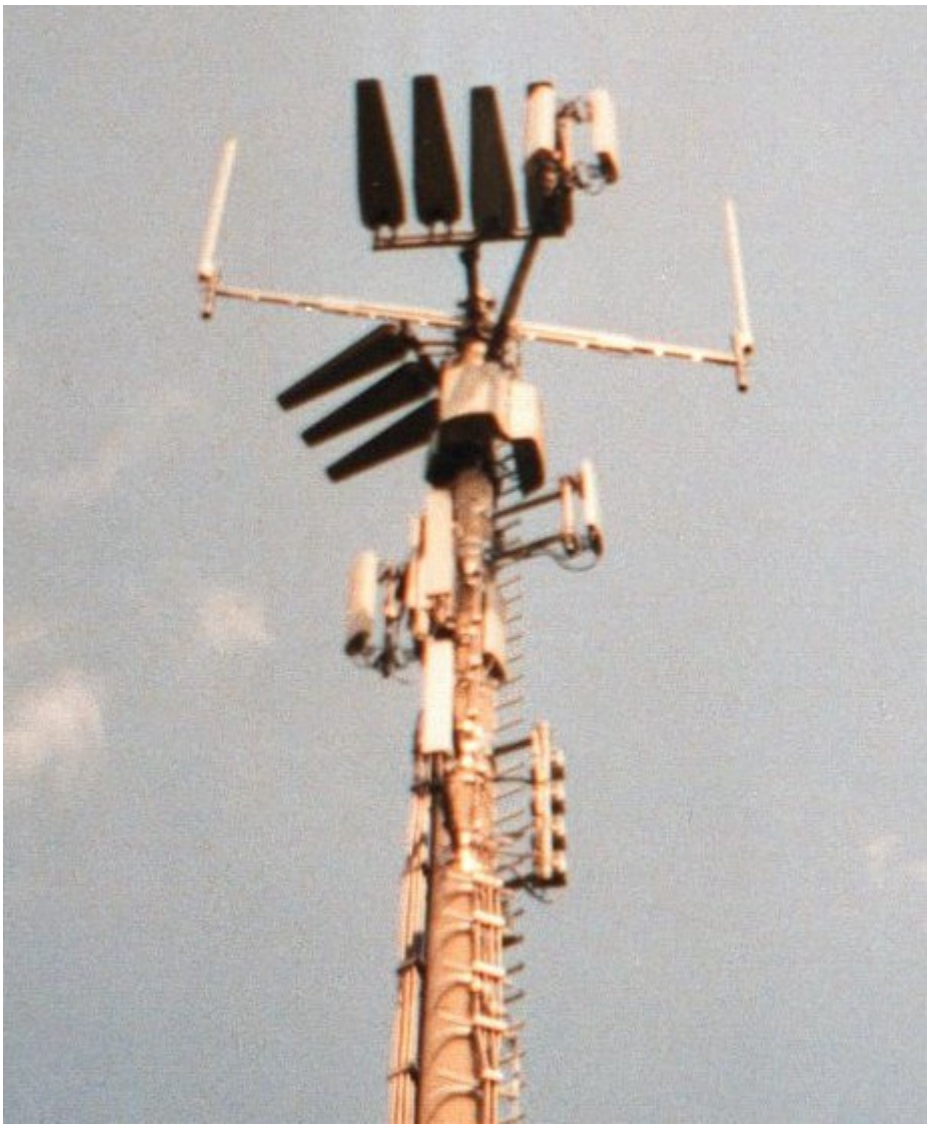
In Deutschland finden sich solche Antennen fast flächendeckend. Überraschend ist, daß diese Antennen inzwischen nicht mehr ausschließlich verdeckt angebracht werden, wie das wohl früher der Fall war. Allerdings sind diese Antennenanlagen im Gegensatz zu Mobilfunk, Amateurfunk- und Rundfunkantennen ohne jeglichen Hinweis auf den Betreiber. Diese Radaranlagen dienen der geheimen und illegalen Überwachung der Bevölkerung. Für illegale Überwachung der Bevölkerung sind vor allem der Bundesnachrichtendienst und vielleicht auch der Verfassungsschutz zuständig. Zum jetzigen Zeitpunkt gehen wir davon aus, daß diese Anlagen alleine der Überwachung dienen. Es kann natürlich nicht ausgeschlossen werden, daß mit ihnen auch Radiofrequenzstrahlung als Waffe eingesetzt wird.
Aus wiederholten Veröffentlichungen in Zeitungen ist bekannt, dass ausländische Geheimdienste alles abhören können. Eine solche flächendeckende Überwachung ist technisch nur dann machbar, wenn die ausländischen Geheimdienste die hier zur Bespitzelung verwendeten Radarsignal ebenfalls auswerten und zur Überwachung verwenden. Das heißt also, dass die Betreiber der Radaranlagen, also der BND, fremden Staaten die flächendeckende Überwachung erst ermöglichen. Also kommt zu der Straftat der illegalen Überwachung (bis zu 5 Jahre Gefängnis) und der illegalen Finanzierung der Anlagen (Etatbetrug) noch die Straftat des schweren Landesverrats die mit einer Gefängnisstrafe von mindestens 10 Jahren bis lebenslänglich bedroht wird. Es sollte in diesem Zusammenhang daran gedacht werden, dass auf diese Weise Dienstgeheimnisse von Behörden, Firmengeheimnisse sowie Privatgeheimnisse verraten werden.

Zwei Aufnahmen der gleichen Anlage mit 2 Antennen.



Eine Anlage mit 3 Antennen.

Eine weitere Anlage mit 2 Antennen. Links im Bild eine Richtfunkanlage zur Datenübertragung.



Auf diesem Turm findet sich eine schöne Kombination von legalen und illegalen Antennenalagen. Außer den Radarantennen finden sich die leicht erkennbaren Mobilfunkantennen und verschiedene Richtfunkantennen.

Eine weitere kombinierte Anlage.

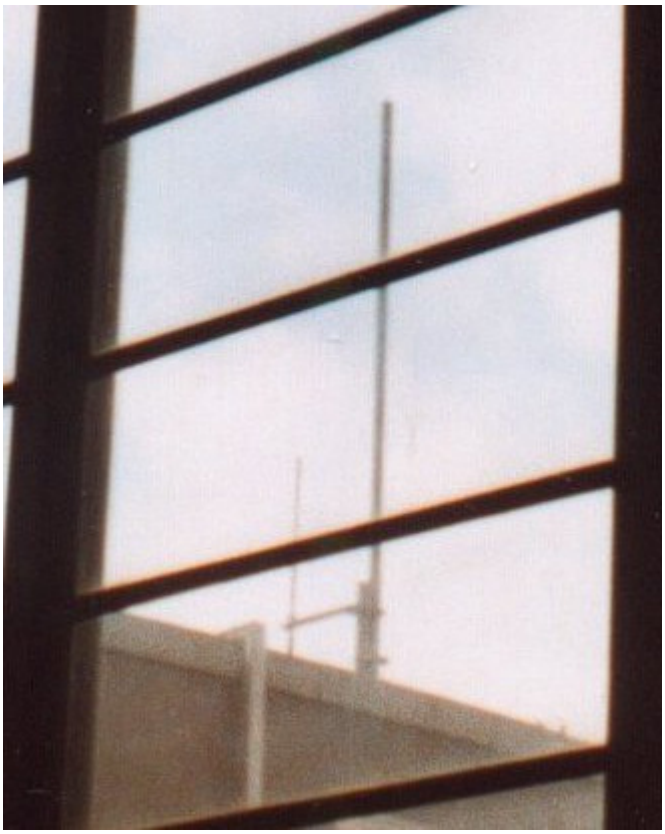
Maschinenhaus (Bild oben) und Antennenanlage mit 4 Antennen (nächstes Bild). Im Gegensatz zu fast allen Mobilfunkanlagen ist diese Radaranlage umzäunt.

Radarantennen Teil 2

Einzelne Radarantenne in Magdeburg. Diese Antenne ist inzwischen abmontiert.

Detailansicht der gleichen Antenne

Antenne in Oranienburg mit Richtfunkverbindung. Diese Anlage wurde natürlich nicht von der Stasi installiert, wie man uns weismachen wollte. Denn eine solche Antenne findet sich ebenfalls am Bahnhof Zoo in West-Berlin.

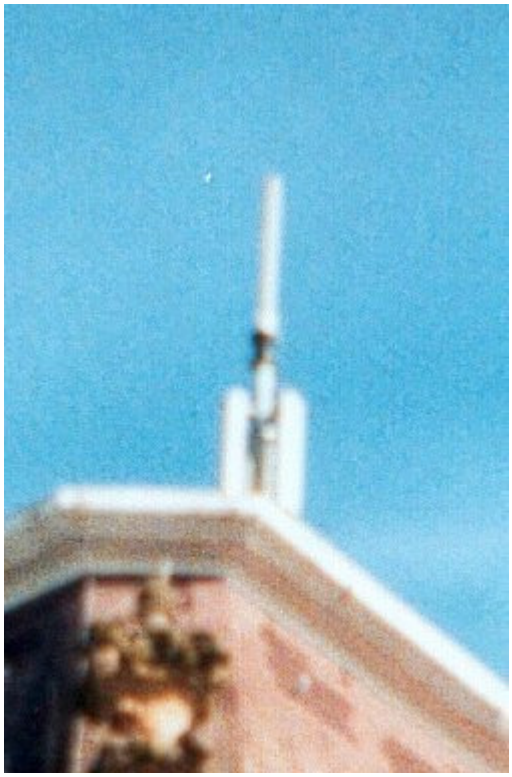


Eine Radarantenne am Bahnhof Zoo.

Eine weitere Antenne in West-Berlin.

4 Antennen mit Richtfunkverbindung auf einem Hausdach.

Antenne auf Bahngelände in Neubrandenburg.



Kombinierte Mobilfunkanlage und Radarantenne auf der Postgalerie in Karlsruhe (Europaplatz).
Die Radarantenne hat eine etwas ungewöhnliche Form.

3 Antennen in Stuttgart. Sie haben eine ähnliche Form wie die in

Berlin an der Siegessäule aufgenommenen
(siehe Beitrag „Radarüberwachung“).

Ein Transformatorhaus mit einer Antenne wie sie auf vielen Häusern zum Rundfunkempfang verwendet wird.

Ein ungewöhnlicher Ort um eine Rundfunkantenne zu installieren. Natürlich können auch solche Antennen als Radarantenne mißbraucht werden. Das Bild haben wir in Ulm in der Nähe des Bahnhofs gemacht. Das nächste Bild zeigt eine Vergrößerung desselben Bildes.

Antenne auf einem Postgebäude in der Nähe von Stuttgart. Interessant ist, daß die Zuleitungskabel einen sehr großen Durchmesser haben, was auf dem Foto schlecht zu erkennen ist. Es handelt sich dabei möglicherweise sogar um Hohlleiter.

Detailaufnahme des gleichen Bildes. Am unteren Bildrand sind die auffälligen Kabel zu sehen.

Messungen

In Moskau hat das amerikanische Botschaftspersonal in den 50er und 60er Jahren durch Messungen festgestellt, daß das Gebäude mit Radiofrequenzstrahlung "bearbeitet" wurde. Es wurde befürchtet, daß eine biologische Wirkung erzielt werden sollte. In der Washington Post findet sich der Hinweis darauf, daß es sich um ein vollkommen neues Überwachungsverfahren handeln könnte (siehe „Brainwash Attempts by Russians? Im Kapitel „Waffen“). Dieses Verfahren wäre also eine neuartige Anwendung von Radartechnik. Wir werden im folgenden sehen was sich zur Zeit mit verhältnismäßig geringem Aufwand messen läßt.

Für diesen Versuchsaufbau benötigen wir ein Oszilloskop mit einem Meßbereich von 20-30 MHz. Wir benutzen ein DSO 2100 (das nun erhältliche DSO 2100 USB ist aber ungeeignet, weil zu unempfindlich. Man müßte eine Antenne mit einer Länge von mehreren Metern anschließen oder einen Verstärker verwenden), seit Januar 2003 auch ein SDS 200. Neuerdings verwenden wir ein Velleman PCS 500. Diese Oszilloskope sind z.B. bei Conrad Elektronik erhältlich. Das Oszilloskop wird entsprechend der Anleitung installiert, und auf folgende Meßbereiche eingestellt:

Zeitablenkung pro Bildschirmteilung: 0,2 Mikrosekunden (im Bild: Time B)
Empfindlichkeit pro Bildschirmteilung: 10 Millivolt (im Bild Vertical CH.A, Einstellung AC). Wir haben wegen der Stärke des von uns gemessenen Signals in Bild1 die Einstellung 0,2 Volt , in Bild2 und Bild3 50 Millivolt gewählt.

An den Meßeingang haben wir eine Antenne von 1 Meter Länge angeschlossen. Diese bestand im allgemeinen aus einem Aluminiumrohr von 6 Millimeter Durchmesser. Bei den folgenden Messungen betrug der Durchmesser 3 Millimeter.

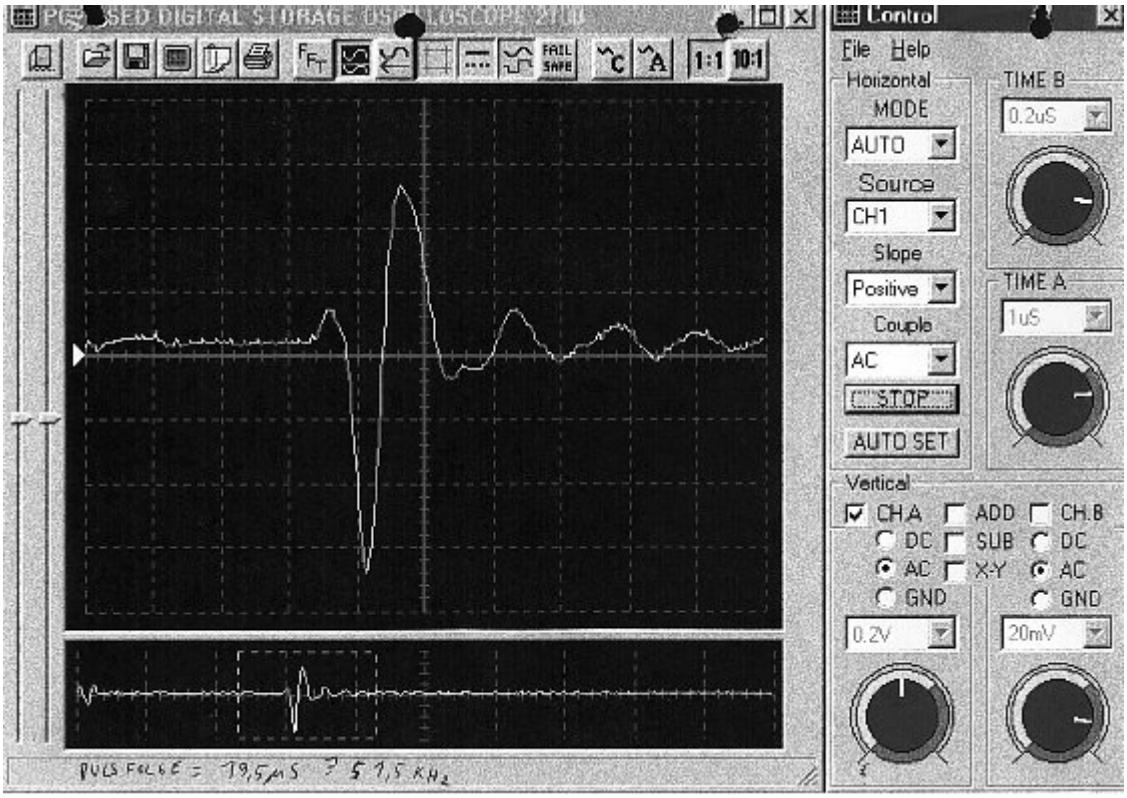


Bild 1

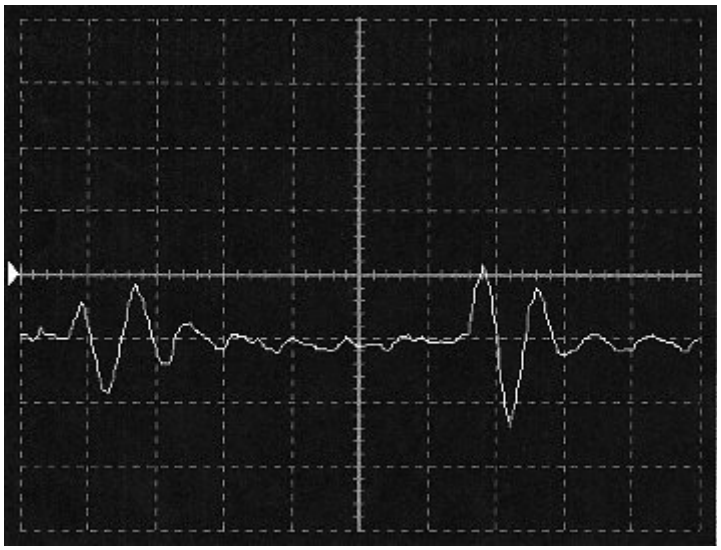


Bild 2

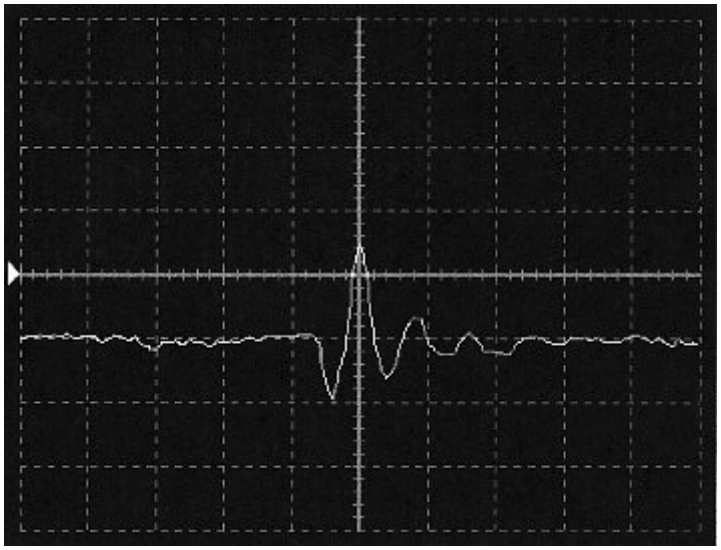


Bild 3

Die gemessenen Werte liegen sehr hoch, nämlich im Bereich bis zu 1,2 Volt von Spitze zu Spitze (Bild 1). Die Frequenz liegt im Bereich von 5-6 MHz. Die Zeit zwischen den Pulsen beträgt ungefähr 20 Mikrosekunden, was einer Pulswiederholrate von 50 000 Pulsen pro Sekunde entspricht. Diese Frequenz liegt weit über der Hörschwelle und kann daher mit keinem Radiogerät empfangen werden. Andererseits ermöglicht eine so hohe Pulswiederholrate nicht nur eine bildliche Darstellung des überwachten Raumes, sondern auch das Abhören der menschlichen Sprache (Frequenz 100 Hz bis 20 kHz). Siehe auch „Abhören und Überwachung mit Radartechnik“.

Weitaus häufiger mißt man folgende Signalstärken mit einer Frequenz von 12-15 MHz. Die Empfindlichkeit des Oszilloskops ist in den Bildern 4, 5, und 6 auf 10 Millivolt pro Bildschirmteilung eingestellt. Daraus ergibt sich also eine Signalstärke in der Größenordnung von 30-50 Millivolt bei einer an den Meßeingang angeschlossenen Antenne von 1 Meter.

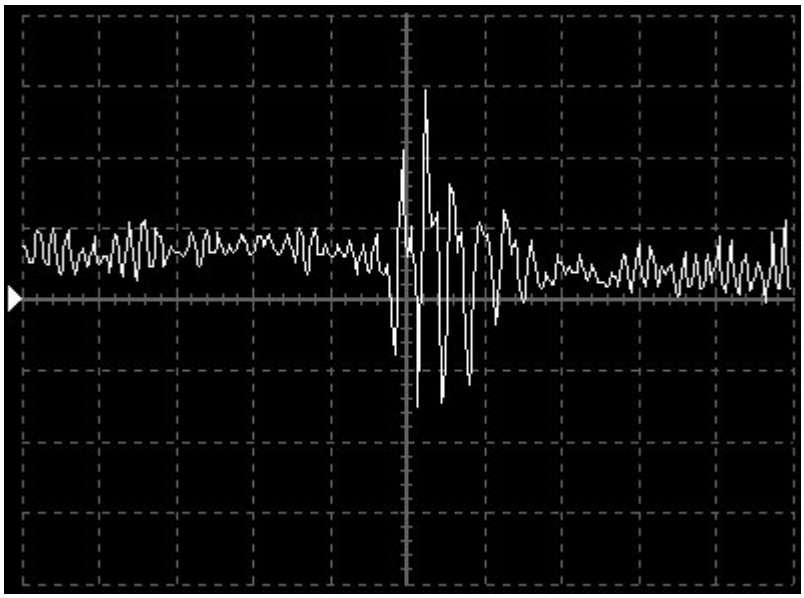


Bild 4

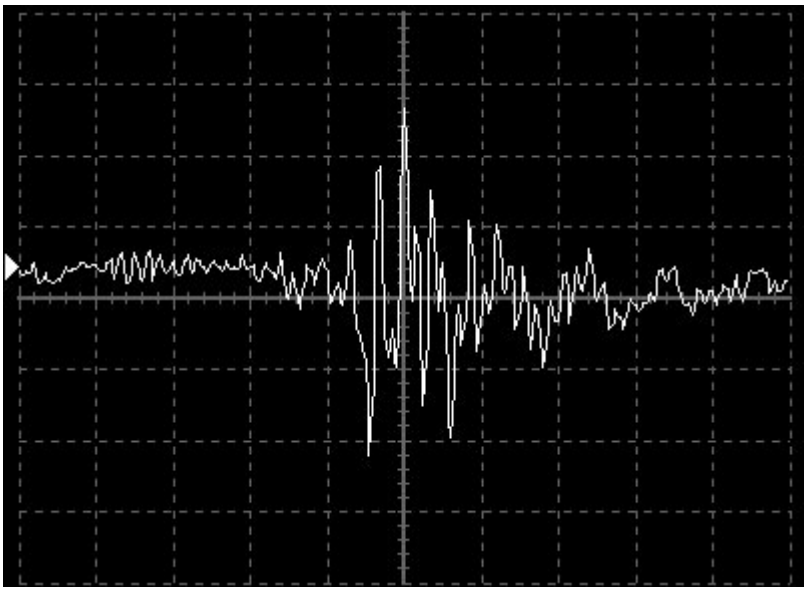


Bild 5

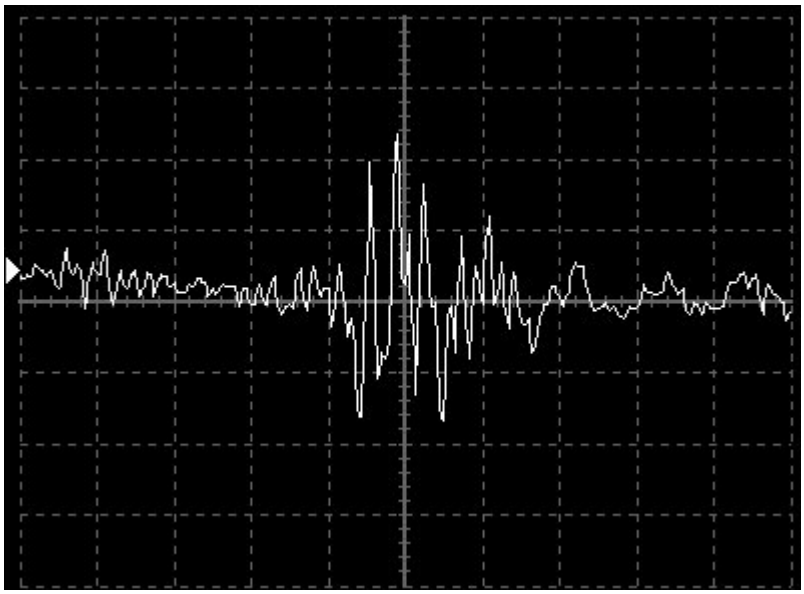


Bild 6

Die Frequenzen können nur ungefähr wiedergegeben werden, da die Signale keine gleichbleibende Frequenz haben, sondern sich dieser eine Puls über einen gewissen Frequenzbereich erstreckt. Interessant ist auch, daß sich mindestens immer 3 verschiedene Signale empfangen lassen. Mit 3 Entfernungsmessungen (die sich durch die Laufzeit des Signals ergeben) läßt sich jeder Ort bzw. die dort befindliche Person eindeutig lokalisieren.

Die folgenden Bilder haben wir dem Buch " Improvement in Terrascan Instrumentation and Techniques for Location of Buried Pipe (PB89-159925)" von R.C. Miller, Chicago 1985, entnommen. Sie zeigen den Impulsverlauf von reflektierten Signalen des Terrascan Bodenradars. Es handelt sich dabei um einen Hochfrequenzimpuls mit einem breiten Frequenzspektrum. Die Grundfrequenz des erkennbaren Signals beträgt ungefähr 80 - 100 MHz. Die Grundfrequenz der oben wiedergegebenen Messungen beträgt einerseits 4 - 5 MHz für die ersten 3 Bilder und 12 - 15 MHz für die zweite Gruppe von Messungen. Daraus folgt, daß die oben angegebenen Signale in der Lage sind, tiefer in den Boden und durch Mauern einzudringen und verwertbare Daten zu liefern.

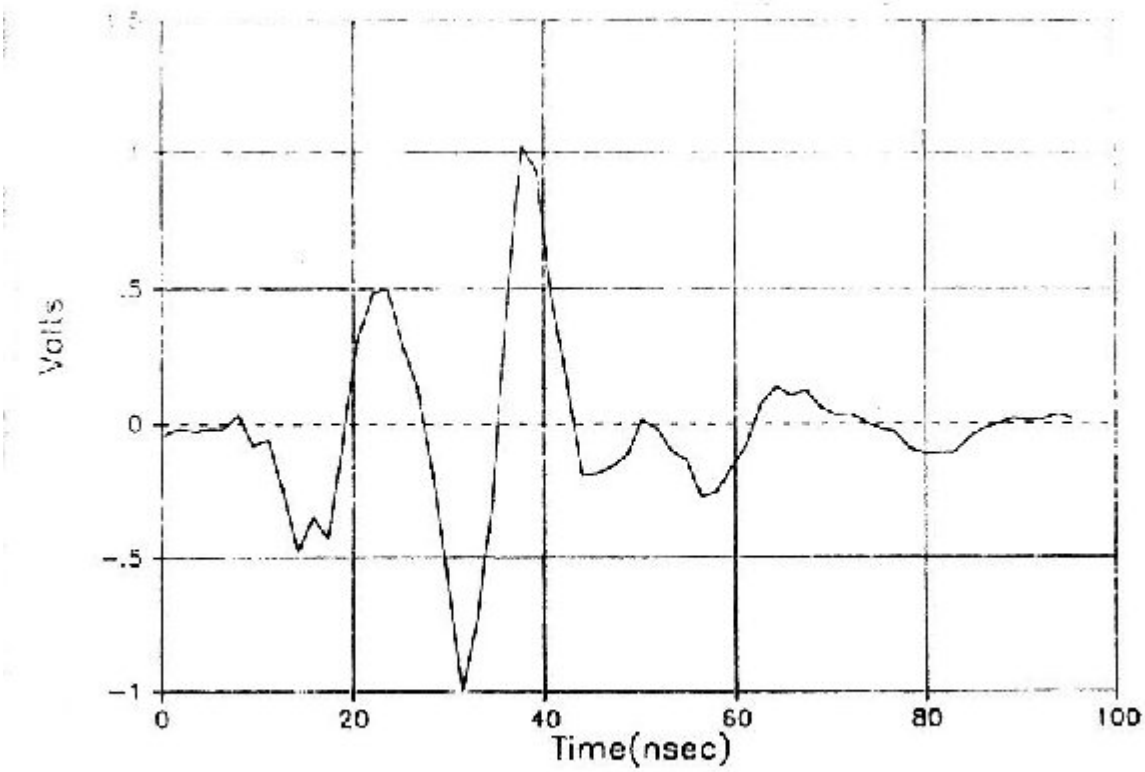


Fig. 3 OSU Floppy Over Steel Pipe

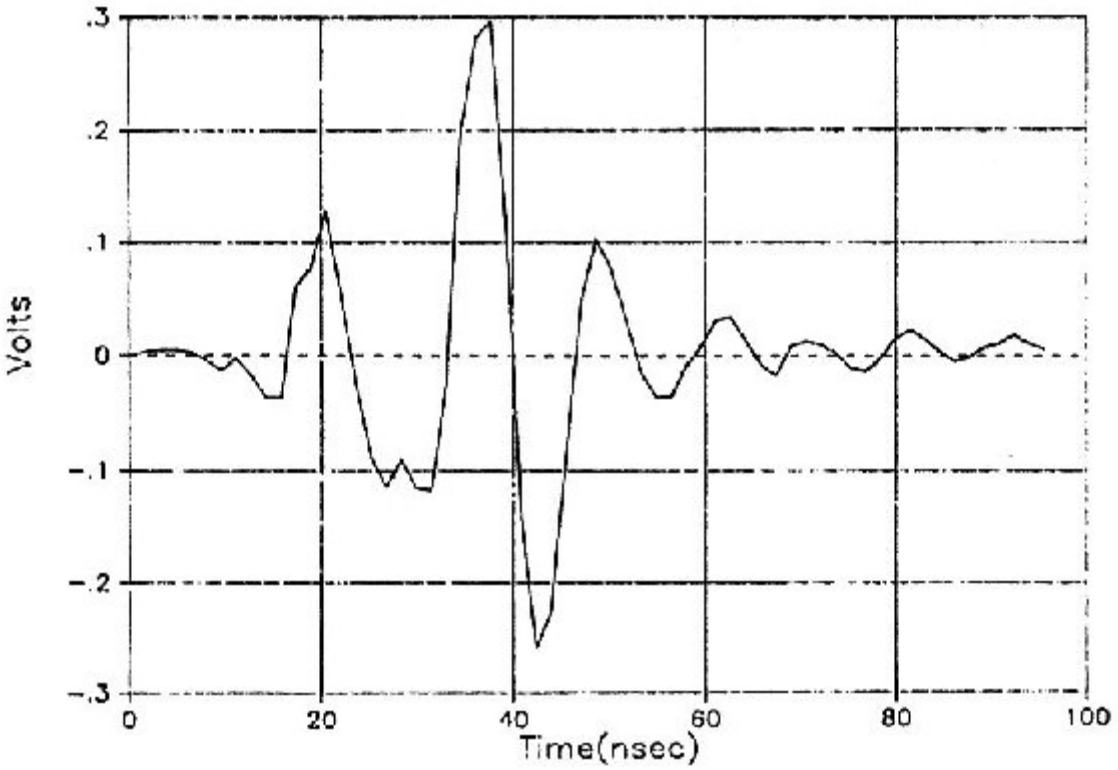


Fig. 4 Folded Dipole Antenna Over Steel Pipe

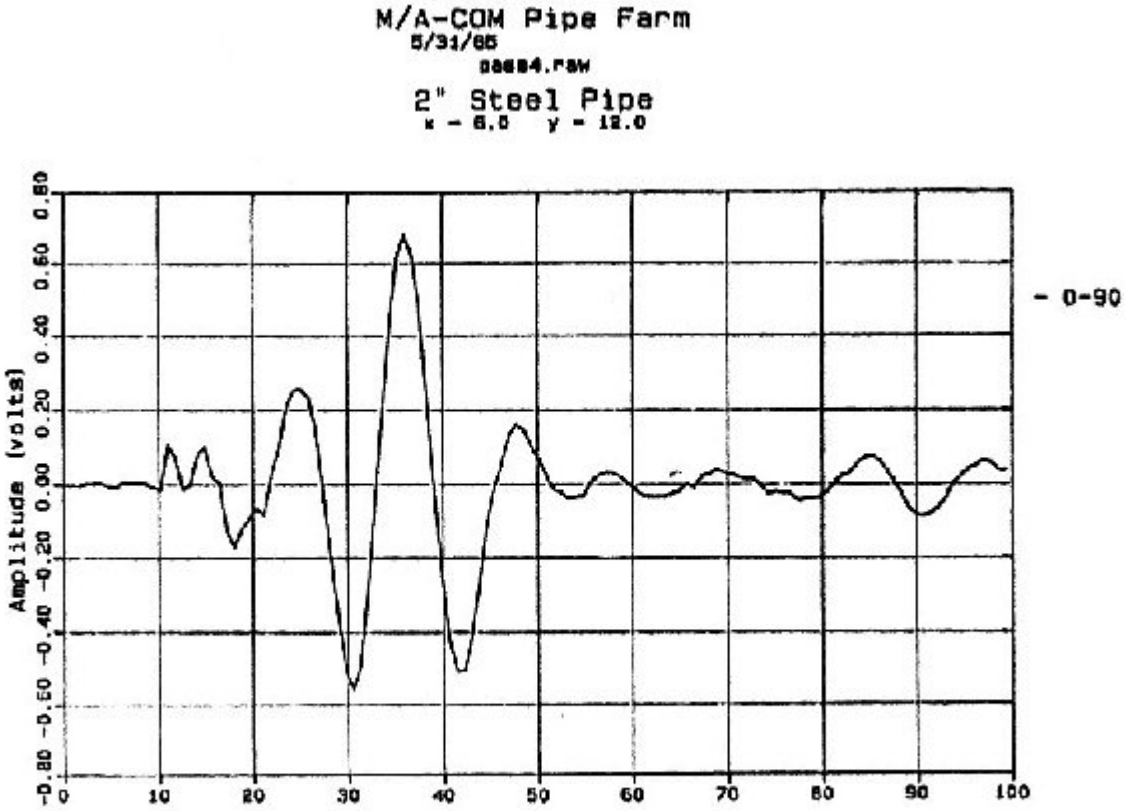


Fig. 13 Actual Data

Messergebnisse

Messergebnisse aus vielen Städten Deutschlands finden Sie online bei http://www.totalitaer.de
Im Moment können Sie zu folgenden Städten Messergebnisse abrufen (Stand 05. November 2003):

- Ahrensdorf
- Aken
- Albstadt
- Apolda
- Aschaffenburg
- Bad Cannstatt
- Baden Baden
- Bad Herrenalb
- Bad Urach
- Balingen
- Bautzen
- Berlin
- Bernau
- Bitterfeld
- Blankenfelde
- Blaubeuren
- Böblingen
- Brandenburg
- Bruchhausen
- Buchhof
- Burg (bei Magdeburg)
- Bürstadt
- Calbe
- Conweiler
- Darmstadt
- Delitzsch
- Dessau
- Dobel
- Dresden
- Eichwalde
- Erfurt
- Erkner
- Esslingen
- Ettlingen
- Ettlingenweier
- Frankfurt
- Freiberg
- Genthin
- Groß-Gerau
- Halle
- Hannover
- Hechingen
- Heidelberg
- Heidenau
- Heilbronn
- Helmstedt
- Herrenberg
- Hof
- Horb
- Hoyerswerda
- Ittersbach
- Kahla
- Karlsruhe
- Köln
- Königs Wusterhausen

- Langenalb
- Langensteinbach
- Leonberg
- Leipzig
- Lindenberg
- Lübbenau
- Ludwigsburg
- Ludwigsfelde
- Magdeburg
- Mainz
- Malsch
- Mannheim
- Miltenberg
- Mittenwalde
- Mosbach
- Mössingen
- Nagold
- Nauen
- Naumburg
- Neubrandenburg
- Neuenbürg
- Neustadt (Orla)
- Neu-Ulm
- Oberndorf am Neckar
- Oberweier
- Oranienburg
- Östringen
- Pausin
- Pforzheim
- Pirna
- Potsdam
- Quermathen (Groß-Behnitz)
- Rangsdorf
- Rastatt
- Rathenow
- Reutlingen
- Rottenburg
- Rottweil
- Rüsselsheim
- Schluttenbach
- Schöllbronn
- Schönebeck
- Schöneiche
- Schulzendorf
- Sindelfingen
- Sinsheim
- Spessart
- Stendal
- Strausberg
- Stuttgart
- Sulz am Neckar
- Sulzbach (Malsch)
- Tangermünde
- Tübingen
- Ulm
- Vaihingen
- Velten
- Walldürn
- Wandlitz
- Weimar
- Weissenfels
- Werneuchen

- Wertheim
- Wiesbaden
- Wiesloch
- Wildau
- Wolfen-Nord
- Worms
- Würzburg
- Zeuthen

Radar Measurements, Resolution, and Imaging of Potential Interest for the Dosimetric Imaging of Biological Targets, Merill Ivan Skolnik In: Lawrence E. Larsen; John E. Jacobi: Medical Applications of Microwave Imaging, New York 1986, Seiten 59-65

Radarmessungen von biologischen Zielen

Die Radartechnik hat bewiesen, daß sie ein einzigartiger Sensor zur Beschaffung von Informationen über ferne Ziele (wie Flugzeuge, Schiffe, Raumfahrzeuge, Vögel und Insekten) sowie von Informationen über die Umwelt (Land, Meer und Atmosphäre) ist. Die Radartechnik wird manchmal remote sensor (*Anmerkung des Übersetzers: Fernmessgerät*) genannt, denn sie ermöglicht die Erfassung dieser Informationen ohne Kontakt mit oder Störung des Zielobjektes. (...)

Die folgenden Messungen können mit Hilfe von Radar durchgeführt werden:

Entfernung:
Die Genauigkeit der Entfernungsmessung hängt von der Bandbreite des verwendeten Signals ab. Genauigkeiten von wenigen Zentimetern bei Entfernungen von mehreren zehn Meilen sind möglich, wobei die erzielbare Genauigkeit davon abhängt, wie genau die Ausbreitungsgeschwindigkeit der elektromagnetischen Wellen bekannt ist.

Veränderung der Entfernung:
Die Doppler Frequenzverschiebung ermöglicht eine direkte Messung der relativen Geschwindigkeit. Je länger das Signal andauert und je höher seine Frequenz ist, desto genauer ist die Messung. In der Radartechnik wird die Dopplerverschiebung oft verwendet um die in der Darstellung erwünschten sich bewegenden Ziele von den unerwünschten Festzielen (Clutter)zu trennen (*Anmerkung des Übersetzers: Diese Technik zur Signalaufbereitung trägt die Bezeichnung Festzielunterdrückung*). Die Dopplerverschiebung ist auch für einige Techniken zur Gewinnung von Radarbildern von Bedeutung.

Richtung des Ziels:
Die Richtung in der sich das Ziel befindet wird durch die Verwendung einer gerichteten Antenne (mit kleiner Strahlbreite) bestimmt. Je größer die Antennenöffnung (angegeben in Wellenlängen) ist, desto genauer ist diese Messung.

Größe des Ziels:
Die Größe des Ziels wird im Allgemeinen durch die Verwendung eines kurzen Pulses oder seines Äquivalents (bei der Pulskompression) gemessen. Eine Messung der Zielgröße kann auch durch einen Vergleich der Veränderung der Radarquerschnittsfläche bei verschiedenen Frequenzen vorgenommen werden (*Anmerkung des Übersetzers: Bei Wellenlängen die in der Größenordnung der Größe der Ziels liegen, kommt es zu Resonanzeffekten zwischen den elektromagnetischen Wellen und dem Ziel. Dadurch kann der Radarquerschnitt des Ziels im Vergleich zu Wellenlängen außerhalb des Resonanzbereiches bedeutend erhöht werden. Es handelt sich hierbei um den selben Effekt, wie er bei auf die verwendete Wellenlänge abgestimmten Antennen auftritt, die einen bedeutend besseren Empfang als nicht abgestimmte Antennen ermöglichen. So beträgt die Länge von Antennen im UKW Rundfunkbereich in der Regel ca. 75 cm.*)

Form des Ziels:
Die Messung des Radarquerschnitts aus verschiedenen Blickwinkeln ergibt die Form des Ziels. Auch eine Darstellung von Entfernungen und der Richtung der Entfernungspunkte des Ziels ergibt die Form des Ziels.

Änderung der Form des Ziels:
Die Formänderung des Ziels ergibt sich durch die Verfolgung der zeitlichen Änderung des Radarquerschnitts. Ein typisches Beispiel dafür ist die Modulation des Radarechos durch die Propeller oder Turbinenschaufeln von Flugzeugmotoren.

Symmetrie des Ziels:
Die Symmetrie eines streuenden Ziels kann aus der Beobachtung der vom Ziel hervorgerufenen Polarisation (der Richtung des elektrischen Feldes) des Radarsignals festgestellt werden. Symmetrische Ziele sind unempfindlich für Änderungen der Polarisation, unsymmetrisch nicht. So

kann man zum Beispiel eine Kugel leicht von einem Stab unterscheiden, in dem man die Änderung der Amplitude des zurückgeworfenen Echos bei der Änderung der Ausrichtung des Stabes im Verhältnis zur Polarisation der elektromagnetischen Welle beobachtet.

Oberflächenrauhigkeit:
Das Maß der "Oberflächenrauhigkeit" steht im Zusammenhang mit der verwendeten Wellenlänge. Wenn die Unebenheiten der Oberfläche im Vergleich zur Wellenlänge klein sind, geht man davon aus, dass die Oberfläche glatt ist. Wenn die Unebenheiten der Oberfläche im Verhältnis zur Wellenlänge groß sind, ist die Oberfläche rau. Messungen des gestreuten Signals unter Berücksichtigung der verwendeten Wellenlänge können das Maß der Oberflächenrauhigkeit angeben.

Dielektrische Konstante:
Der Reflektionskoeffizient einer streuenden Oberfläche hängt von der dielektrischen Konstante ab. Die Messung der dielektrischen Konstante einer Radarstreuung ist schwierig, da man die Oberflächenrauhigkeit, die Form und die Verlusttangente des Ziels kennen muß. Dadurch wird die Brauchbarkeit dieser Messung stark eingeschränkt, so dass Messungen der dielektrischen Konstante mit Hilfe von Radar selten durchgeführt wird. Allerdings wurde die dielektrische Konstante der Mondoberfläche vor vielen Jahren auf diese Art durch eine Reihe von Radarmessungen von der Erdoberfläche aus eingeschätzt. Das Ergebnis dieser Messungen stimmte mit den Messungen an dem von der Apollo Mission zurückgebrachten Mondgestein überein. Messung der dielektrischen Konstante ist für die NASA auch interessant um den Feuchtigkeitsgehalt der Erdoberfläche mit Hilfe von Satelliten zu messen. (...)

Der Begriff Auflösung bezeichnet die Möglichkeit eines Radars zwei eng nebeneinander liegenden Punkte als getrennt zu erkennen. Die Auflösung kann in der Entfernung, in der Dopplergeschwindigkeit und/oder im Winkel erfolgen. Die Entfernungsauflösung hängt von der Bandbreite des Signals, die Dopplergeschwindigkeitsauflösung von der Länge des Signals und die Richtungsauflösung von der Größe der Antennenöffnung ab. (...)

Die Möglichkeit zwei Ziele aufzulösen hängt zum Teil von der Signalaufbereitung ab. Es hat sich gezeigt, dass zwei Ziele in der Richtung aufgelöst werden könne, wenn ihr seitlicher Abstand voneinander mindestens 0,8 der Strahlbreite des Radars entspricht. (Ein Abstand von 0,8 der Strahlbreite bedeutet, dass die Ziele überlappen können und sie trotzdem aufgelöst werden können.) In einigen Fällen von hochauflösender Bilddarstellung wurde über Auflösungen bis zu 0,2 der Strahlbreite berichtet, aber solche Fälle sind selten. In ähnlicher Weise können auch Ziele in der Entfernung aufgelöst werden, wenn sie in der Entfernung einen Abstand von mindestens 0,8 der Pulslänge voneinander haben. Große Abstände zwischen Signal und Rauschen sind notwendig, wenn eine gute Auflösung erreicht werden soll. Die meisten hochauflösenden Verfahren ergeben kein zufriedenstellendes Ergebnis, wenn das Verhältnis zwischen dem Rauschen und dem Signal nicht ausreichend ist. Das "Minimum" für ein verwertbares Verhältnis zwischen Signal und Rauschen lässt sich schlecht festlegen, aber man sollte im allgemeinen kein gutes Ergebnis erwarten, wenn das Verhältnis zwischen Signal und Rauschen deutlich unter 20 dB liegt.
Ein Verfahren mit dem man eine genaue Ortung durchführen kann, ergibt nicht immer eine gute Auflösung. Für eine gute Richtungsauflösung benötigt man zum Beispiel große Antennenöffnungen. Eine genaue Richtungsmessung eines einzelnen Ziels aber kann man mit weit voneinander entfernten Einzelantennen, wie bei einem Interferometer, durchführen.

Eine gute Auflösung zwischen verschiedenen Zielen setzt eine genaue Ortsbestimmung in dem entsprechenden Messbereich voraus. Aber eine genaue Ortsbestimmung benötigt keine hohe Auflösung zwischen verschiedenen Zielen. Um verschiedene Ziele voneinander trennen zu können ist nur eine hohe Auflösung in einem Messbereich notwendig. Wenn die Ziele einmal aufgelöst sind, können in den anderen Messbereichen genaue Messungen der einzelnen Ziele auch dann durchgeführt werden, wenn diese keine Auflösung zwischen den verschiedenen Zielen erlauben. So ist es zum Beispiel bei einem Radar mit einer schlechten Richtungsauflösung möglich einzelne Ziele entweder durch hohe Entfernungsauflösung oder durch schmalbandige Filterung des Dopplersignals aufzulösen und dann genaue Winkelmessungen ohne Störungen durch mehrere Ziele in einer einzigen Auflösungszelle durchzuführen. In den meisten Radaranwendungen ist die Richtungsauflösung verglichen mit der Entfernungsauflösung in der Regel schlecht. Wenn aber das Ziel und das Radar sich relativ zueinander bewegen, ist es möglich eine der Richtungsauflösung entsprechende Messung in der Dopplerauflösung durchzuführen. Das bedeutet, dass verschiedene Teile des Ziels aufgelöst werden können, weil sie unterschiedliche Dopplerverschiebungen besitzen,

die groß genug sind, um sie aufzulösen. Diese Dopplerauflösung ist die Grundlage für das Radar mit synthetischer Antennenöffnung (synthetic aperture radar, SAR), das später beschrieben wird.

Im Laufe der Jahre sind eine Reihe von Techniken für höchstauflösendes Radar ("super resolution") vorgeschlagen worden. Diese Verfahren wurden vor allem in der Richtungsauflösung angewendet, obwohl die entsprechenden Verfahren auch zur Erhöhung der Auflösung in der Entfernung und der Dopplerverschiebung angewendet werden können. Zu diesen Techniken gehören erhöhter Gewinn bei der Aufbereitung des Empfangssignals ("super gain"), multiplikative Mehrfachantennen ("multiplicative arrays"), Ergänzung fehlender Daten ("data restoration") und Verfahren zur Bildverbesserung ("image enhancement"). Die meisten dieser Verfahren verwenden Formen der nichtlinearen Datenverarbeitung und werden vor allem bei nicht kohärenten Signalquellen verwendet. Die zur Zeit bevorzugte Methode für höchstauflösendes Radar trägt die Bezeichnung "Maximum Entropy Method" (MEM) oder Maximum Entropy Spectral Analysis (MESA). (...)
MEM soll "eindrucksvolle Verbesserungen" der Auflösung (...) erreichen. (...)

Die gute Entfernungsauflösung von Radargeräten kann verwendet werden, um einzelne Zielgruppen voneinander zu unterscheiden wenn verschiedene Teile des Ziels aufgelöst werden können. Schiffe und Flugzeuge können mit Radargeräten beobachtet werden, deren Zellen der Entfernungsauflösung klein genug sind um die größeren Rückstreuflächen aufzulösen. Als Nebenprodukt erhält man bei dieser Auflösung die Silhouette des Ziels. Es ist auch möglich, die Abweichung jeder auflösbaren Rückstreufläche von der Hauptstrahlrichtung des Radargerätes durch eine Monopulsmessung der jeweiligen Rückstreufläche festzustellen. (...)

Jeder Teil eines ausgedehnten reflektierenden Ziels hat eine andere Dopplerverschiebung wenn es eine relative Bewegung zwischen Radar und Ziel gibt. Wenn das Ziel stationär und das Radar in Bewegung ist, wird diese Technik Radar mit synthetischer Antennenöffnung (synthetic aperture radar, SAR) genannt. Die mit der SAR Technik theoretisch erhältliche Richtungsauflösung beträgt D/2 wobei D die Dimension der vom Radar verwendeten Antenne ist. Daraus ergibt sich, daß die Richtungsauflösung mit dem SAR in der Größenordnung von einigen Metern liegen kann, was vergleichbar mit der Entfernungsauflösung ist. Die Auflösung der Richtung und der Entfernung ist beim SAR unabhängig von der Entfernung des Ziels während sie sich bei der optischen oder der Infrarotphotografie mit zunehmender Entfernung verschlechtert. (...)
Auch wenn das Radar stationär ist und sich das Ziel bewegt, kann eine Auflösung der einzelnen Rückstreuflächen des Ziels auf der Grundlage der Doppler Frequenzverschiebung verwendet werden um ein Bild des Ziel zu bekommen (*Anmerkung des Übersetzers: dieses Verfahren trägt die Bezeichnung Inverses SAR*). (...)

Das für eine gute Auflösung des Ziels notwendige Maß seiner Drehung ist gering. Die Auflösung durch die Verwendung der Dopplerfrequenz ist nur eindimensional. Die zusätzliche Entfernungsauflösung ergibt dann ein zweidimensionales Bild. Die größte mögliche Auflösung ist nicht immer notwendig (oder erwünscht) um das Ziel erkennen zu können. Um die Ziele gut erkennen zu können, nach denen gesucht wird, benötigt man eine Mindestzahl von Auflösungszellen auf dem zu messenden Ziel. Deutliche Verbesserungen (im Größenordnungsbereich) der Auflösung ergeben nicht immer entsprechende Verbesserungen bei der Erkennung und der Lieferung von Informationen über das Ziel. (...)

Wenn ein koherentes Radar (oder ein Laser) ein ausgedehntes Ziel beleuchtet, enthält das daraus resultierende Bild wahrscheinlich punktförmige Störungen ("speckle"). Diese Störungen sind die Folge von Überlagerungen der von verschiedenen Rückstreuflächen in der gleichen Auflösungszelle reflektierten Wellen, die zur örtlichen Verstärkung oder Auslöschung der Wellen führen. (...) Wenn sich die dem Radar zugewandte Seite des Ziels, die Radarfrequenz oder der relative Standort der Rückstreuflächen zueinander verändert, verändert sich auch das Muster dieser Störungen durch Überlagerung. (...)
Das Muster dieser Überlagerungen kann nützliche Informationen über das Zielobjekt liefern. Diese Informationen wurden bereits bei optischen Wellenlängen aber noch nicht im Mikrowellenbereich ausgewertet.(...)
Die Verwendung von elektromagnetischen Wellen im Millimeterbereich und darunter könnte interessant sein. Die entsprechenden Wellenlängen liegen zwischen einigen Millimetern und dem Bruchteil eines Millimeters und erlauben deshalb eine gute Auflösung mit einer nicht zu großen Antennenöffnungen. (...)

Im Bereich der Millimeterwellen erlauben die möglichen großen Bandbreiten eine gute Entfernungsauflösung entweder durch die Verwendung von sehr kurzen Pulsen oder durch Pulskompression. Die in diesem Frequenzbereich vorkommenden Resonanzen mit Sauerstoff, Wasser und anderen Molekülen könnten für die Identifizierung der einzelnen Bestandteile eines biologischen Ziels von Bedeutung sein. In den letzten Jahren wurden in der Entwicklung von Komponenten und Technologien für den Bereich der Millimeterwellen des elektromagnetischen Spektrums bedeutende Fortschritte gemacht. Diese Komponenten sind, verglichen mit den kommerziellen Mikrowellenkomponenten, noch Versuchsgeräte und damit entsprechend teuer

Measurement of the Radar Cross Section of a Man
F.V. Schultz,; R.C. Burgener; S. King
In: Proceedings of IRE, vol. 46, pp. 476-481, Februar 1958

Messung des Radarquerschnitts eines Menschen

Zusammenfassung
Sowohl die monostatischen als auch die bistatischen Radarqerschnitte (Anmerkung 1: Der bistatische Radarquerschnitt wird gemessen wenn Sender und Empfänger sich nicht in der gleichen Richtung vom Ziel befinden. Der monostatische Radarquerschnitt ist ein Sonderfall des bistatischen Querschnitts. Der Wert für den monostatischen Querschnitt wird erhalten, wenn Sender und Empfänger an der gleichen Stelle stehen, sich also in der gleichen Richtung vom Ziel befinden.) eines Mannes wurden bei den fünf Frequenzen 410 MHz, 1120 MHz, 2890 MHz, 4800 MHz und 9375 MHz gemessen. Die Messungen wurden sowohl bei horizontaler als auch bei vertikaler Polarisation und für verschiedene Richtungen beziehungsweise Blickwinkel auf den Mann, der als Ziel verwendet wurde, gemessen. Zur Messung wurde ein ungepulstes Dopplerradar verwendet. Der Mann dessen Radarquerschnitt gemessen wurde, wog ungefähr 200 pounds (*Anmerkung des Übersetzers: ca. 90 kg*) und er hatte eine Größe von 6 Fuß (*Anmerkung des Übersetzers: ca. 1,83 m*).
Es wurde gefunden, daß der Radarquerschnitt, abhängig von der Polarisation und der Ausrichtung des Mannes innerhalb folgender Bereiche lag:

410 MHz	0,033 bis 2,330 Quadratmeter
1120 MHz	0,098 bis 0,997 Quadratmeter
2890 MHz	0,140 bis 1,050 Quadratmeter
4800 MHz	0,368 bis 1,880 Quadratmeter
9375 MHz	0,495 bis 1,220 Quadratmeter

Einige wenige Messungen wurden mit Männern unterschiedlicher Größe durchgeführt. Diese deuten darauf hin, daß der Radarquerschnitt ungefähr proportional zum Gewicht des Mannes ist. (...)

(S.479ff) **Ergebnisse**
Die Werte für den Radarquerschnitt eines Mannes ist in den Tabellen III-VII für die verschiedenen untersuchten Frequenzen, Polarisationen, bistatischen Winkel und Blickrichtungen angegeben. Es ist aus den Zahlen leicht zu erkennen, wie sich der Radarquerschnitt des Mannes bei gegebener Frequenz und Polarisation in Abhängigkeit von Blickrichtung und bistatischem Winkel ändert. Die Veränderungen des Radarquerschnitts bei Änderungen der Frequenz und der Polarisation sind schwieriger zu erkennen. Aus diesem Grund wurden die Bilder 2 bis 6 erstellt. Die Werte des Querschnitts zeigt Bild 2 wobei der Durchschnitt aus den verschiedenen verwendeten bistatischen Winkeln gebildet wurde.

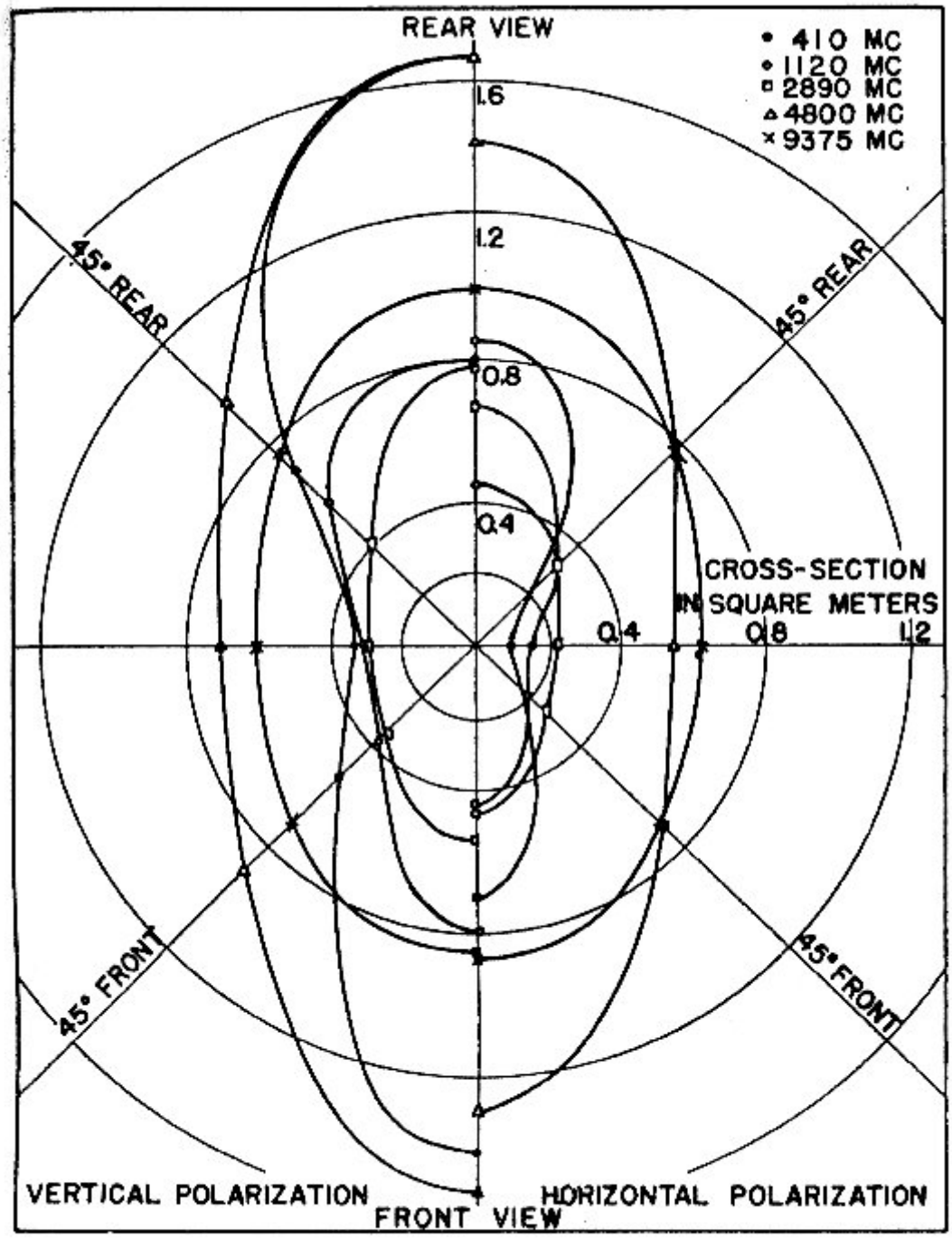


Fig. 2—Average bistatic radar cross section of a man as a function of target aspect angle, with frequency and polarization as parameters.

Bild 3 zeigt die selben Daten, wobei für den Fall der Blickrichtung von vorne jeweils der Wert 1 festgelegt wurde und die anderen Werte im Verhältnis zu diesem Wert angegeben wurden.

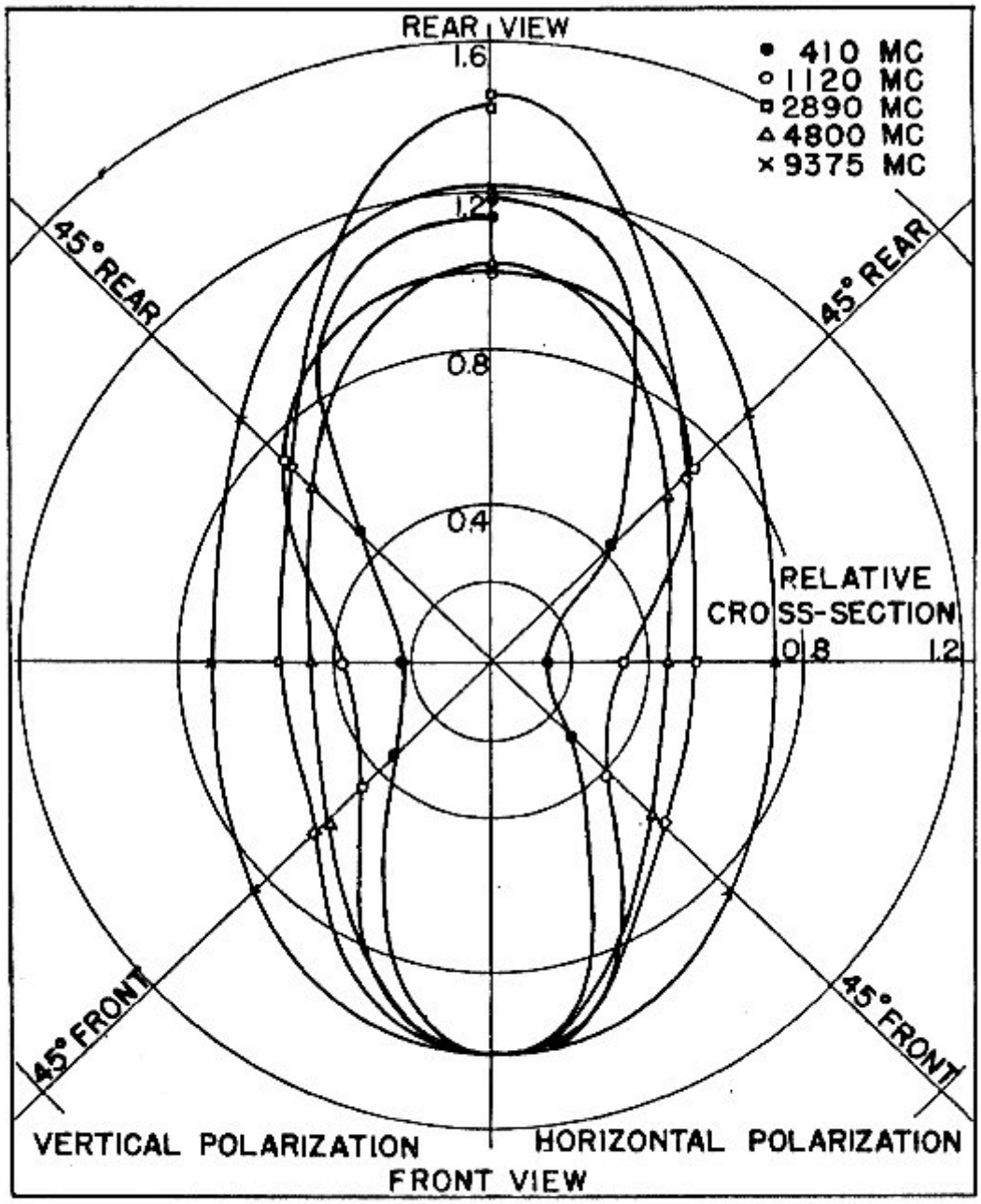


Fig. 3—Average relative bistatic radar cross section of a man as a function of target aspect angle, with frequency and polarization as parameters. (The curves are normalized with respect to the radar cross section of the front aspect.)

Bild 4 zeigt den Wert des Radarquerschnitts in Abhängigkeit vom bistatischem Winkel bei verschiedenen Frequenzen und horizontaler Polarisation. Als Wert wurde jeweils der Durchschnitt aus allen untersuchten Blickwinkeln verwendet.

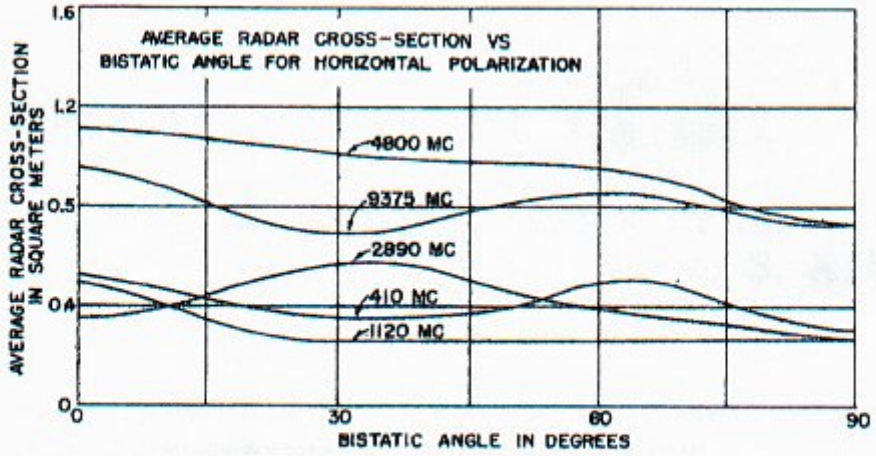


Fig. 4—Average bistatic radar cross section of a man as a function of bistatic angle, for horizontal polarization with frequency as a parameter.

Bild 5 zeigt den Wert des Radarquerschnitts in Abhängigkeit vom bistatischen Winkel bei verschiedenen Frequenzen und vertikaler Polarisation. Als Wert wurde jeweils der Durchschnitt aus allen untersuchten Blickwinkeln verwendet.

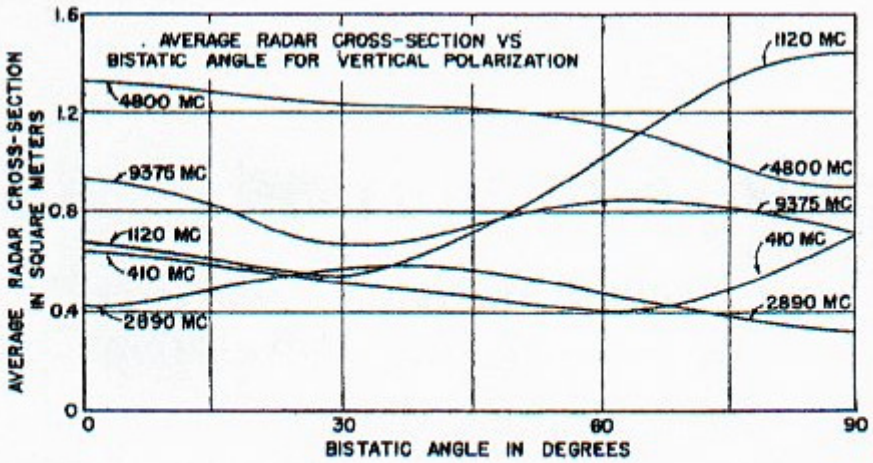


Fig. 5—Average bistatic radar cross section of a man as a function of bistatic angle, for vertical polarization with frequency as a parameter.

In Bild 6 ist der Wert für den Radarquerschnitt in Abhängigkeit von der Frequenz bei jeweils vertikaler und horizontaler Polarisation wiedergegeben. Dazu wurden jeweils die Durchschnittswerte für die verschiedenen bistatischen Winkel und für die verschiedenen Blickrichtungen auf das Ziel verwendet.

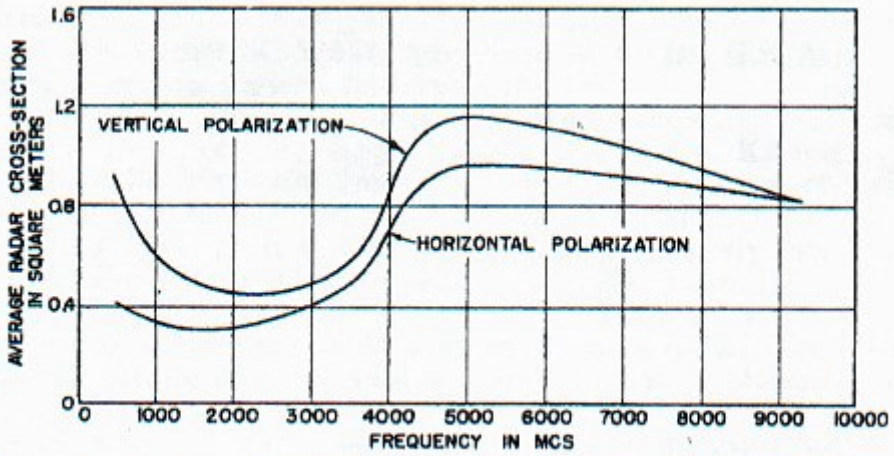


Fig. 6—Average radar cross section of a man as a function of frequency, with polarization as a parameter.

Schlussfolgerung

(...) Der Radarquerschnitt des zur Messung verwendeten Mannes lag zwischen 0,033 und 2,33 Quadratmetern. Diese extremen Werte wurden bei 410 MHz erhalten. Der kleinere Wert ergab sich für horizontale Polarisation und bei Blick auf die Seite des Mannes, der größere für vertikale Polarisation und Blick auf die Rückseite des Mannes. Dieses Ergebnis konnte man bei einem fast zylindrischen Ziel wie einem Menschen erwarten. Bei zunehmender Frequenz gab es weniger Unterschiede im Radarquerschnitt zwischen den zwei Polarisationen.

Die Betrachtung der Tabellen III-VII zeigt daß im Allgemeinen der Radarquerschnitt eines Menschen von der Seite gesehen am niedrigsten sowie von der Rückseite etwas größer als von vorne ist. Bild 4 und 5 zeigen, daß der Querschnitt sich nur gering mit dem bistatischen Winkel ändert, außer für vertikale Polarisation bei einer Frequenz von 410 MHz. In diesem Fall steigt der Radarquerschnitt bis auf das 3fache des niedrigsten Wertes in Abhängigkeit des bistatischen Winkels zwischen 0 und 90 Grad (*Anmerkung des Übersetzers: Offensichtlich sind die Kurven in Bild 5 falsch beschriftet. Die mit 1120 MHz (MC) bezeichnete Kurve stellt die Kurve für 410 MHz dar und umgekehrt.*). Diese Daten entsprechen dem zu erwartenden Ergebnis.

Bild 6 zeigt die allgemeine Änderung des Radarquerschnitts in Abhängigkeit von der Frequenz. Die generelle Abnahme der Abhängigkeit von der Polarisation bei zunehmender Frequenz war natürlich zu erwarten. Wegen des komplexen Aufbaus des gemessenen Objekts werden aber keine Erklärungen für die anderen Eigenschaften der Kurven in diesem Bild gegeben.

Tabelle III: Radarquerschnitt in Quadratmeter für 410 MHz

Blickwinkel auf das Ziel	Horizontale Polarisation Bistatischer Winkel in Grad				Vertikale Polarisation Bistatischer Winkel in Grad			
	0°	30°	60°	90°	0°	30°	60°	90°
von Vorne	0,897	0,641	0,795	0,464	1,127	0,939	1,628	2,163
45° von Vorne	0,197	0,108	0,264	0,196	0,312	0,217	0,613	0,941
von der Seite	0,083	0,033	0,157	0,136	0,161	0,095	0,397	0,681
45° von Hinten	0,321	0,197	0,367	0,251	0,464	0,346	0,816	1,174
von Hinten	1,091	0,796	0,931	0,529	1,343	1,138	1,880	2,327

Tabelle IV: Radarquerschnitt in Quadratmeter für 1120 MHz								
Blickwinkel auf das Ziel	**Horizontale Polarisation Bistatischer Winkel in Grad**				**Vertikale Polarisation Bistatischer Winkel in Grad**			
	0°	**30°**	**60°**	**90°**	**0°**	**30°**	**60°**	**90°**
von Vorne	0,718	0,359	0,410	0,388	0,879	0,718	0,608	0,997
45° von Vorne	0,322	0,156	0,124	0,154	0,433	0,344	0,224	0,447
von der Seite	0,281	0,135	0,098	0,131	0,386	0,305	0,187	0,391
45° von Hinten	0,518	0,256	0,259	0,268	0,656	0,531	0,410	0,719
von Hinten	0,718	0,359	0,410	0,388	0,879	0,718	0,608	0,997

Tabelle V: Radarquerschnitt in Quadratmeter für 2890 MHz								
Blickwinkel auf das Ziel	**Horizontale Polarisation Bistatischer Winkel in Grad**				**Vertikale Polarisation Bistatischer Winkel in Grad**			
	0°	**30°**	**60°**	**90°**	**0°**	**30°**	**60°**	**90°**
von Vorne	0,409	0,665	0,471	0,322	0,496	0,774	0,564	0,400
45° von Vorne	0,228	0,427	0,275	0,165	0,294	0,516	0,347	0,221
von der Seite	0,198	0,386	0,242	0,140	0,260	0,471	0,310	0,192
45° von Hinten	0,268	0,481	0,318	0,198	0,339	0,574	0,395	0,260
von Hinten	0,613	0,920	0,688	0,506	0,719	1,048	0,800	0,602

Tabelle VI: Radarquerschnitt in Quadratmeter für 4800 MHz								
Blickwinkel auf das Ziel	**Horizontale Polarisation Bistatischer Winkel in Grad**				**Vertikale Polarisation Bistatischer Winkel in Grad**			
	0°	**30°**	**60°**	**90°**	**0°**	**30°**	**60°**	**90°**
von Vorne	1,499	1,404	1,320	1,039	1,745	1,643	1,552	1,247
45° von Vorne	0,858	0,786	0,724	0,521	1,047	0,968	0,898	0,670
von der Seite	0,658	0,596	0,542	0,368	0,825	0,755	0,694	0,495
45° von Hinten	0,940	0,865	0,799	0,585	1,137	1,054	0,982	0,742
von Hinten	1,624	1,525	1,438	1,144	1,881	1,774	1,680	1,361

Tabelle VII: Radarquerschnitt in Quadratmeter für 9375 MHz								
Blickwinkel auf das Ziel	**Horizontale Polarisation Bistatischer Winkel in Grad**				**Vertikale Polarisation Bistatischer Winkel in Grad**			
	0°	**30°**	**60°**	**90°**	**0°**	**30°**	**60°**	**90°**
von Vorne	1,018	0,749	0,933	0,799	1,003	0,736	0,919	0,786
45° von Vorne	0,858	0,612	0,780	0,658	0,845	0,601	0,767	0,647
von der Seite	0,730	0,505	0,658	0,547	0,718	0,495	0,647	0,536
45° von Hinten	0,905	0,652	0,825	0,700	0,891	0,641	0,812	0,688
von Hinten	1,215	0,919	1,122	0,975	1,199	0,905	1,106	0,961

Microwave noninvasive sensing of physiological signatures, James C. Lin In : Electromagnetic Interaction with Biological Systems, James C. Lin, New York 1989

Messung an biologischen Zielen

(S.10ff) Bei der nichtinvasiven Aufnahme von physiologischen Strukturen füllen verschiedene Bereiche des Zielgebietes den gesamten oder einen bedeutenden Teil des einfallenden Strahles aus. Die Geschwindigkeiten verschiedener sich im Strahl befindlicher Bereiche sind unterschiedlich, so daß der Doppleranteil ein Spektrum verschiedener Frequenzen hat. So dreht sich das Herz während der Kontraktion zum Beispiel um ungefähr 4° nach hinten. (...)
In einem Dopplersystem ist das Spektrum als Frequenzverschiebungen bezogen auf die abgestrahlte Frequenz messbar. In der Regel wird die zurückgestrahlte Welle mit der abgestrahlten Welle gemischt und dann die Differenzfrequenz mit einem Frequenzzähler oder durch die Filterung der demodulierten Welle durch eine Reihe von Bandpassfiltern bestimmt. (...)

Die Pulsdoppler Technik verbindet durch die Verwendung einer Reihe von kohärenten Pulsen, also einer Reihe von Pulsen die Ausschnitte einer unmodulierten Sinuswelle sind, die Entfernungsauflösung von Pulssystemen mit der Frequenzauflösung von ungepulsten Systemen. Wenn diese Reihe von Pulsen von einem bewegten Ziel reflektiert wird, wird das Signal proportional der Geschwindigkeit des Ziels in seiner Frequenz dopplerverschoben. In der Gegenwart von mehreren Zielen mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten ist das reflektierte Signal eine Überlagerung einer entsprechenden Anzahl von Pulsreihen, jede mit ihrer eigenen Dopplerverschiebung. Ein Entfernungstor wird verwendet damit nur die vom Ziel zurückgeworfenen Pulse weiter verarbeitet werden. Diesem Entfernungstor folgt ein schmalbandiges Filter, das nur einen bestimmten Teil der Dopplerfrequenzen passieren lässt wodurch alle Pulsfolgen abgeblockt werden, die zwar das Entfernungstor passiert haben, aber nicht die richtige Dopplerverschiebung besitzen. Die Pulsdoppler Technik ermöglicht Entfernung und Geschwindigkeit vieler Ziele gleichzeitig (...) eindeutig zu messen. Allerdings wird das System dadurch bedeutend komplexer. (...)

In den vergangenen Jahren wurde über eine Reihe von Systemen zur Messung von Herzkreislauf- und Atmungstätigkeit mit Hilfe von Mikrowellen berichtet. Diese Entwicklungen verwenden im allgemeinen die in den gesendeten und empfangenen ungepulsten Signalen vorhandenen Amplituden- und Phaseninformationen. (...) Bei höheren Frequenzen wäre die Auflösung zwar am größten, aber die Eindringtiefe in den Körper ist sehr gering. (...) Der Empfang von durch den Körper geleiteten und von tiefliegenden Grenzflächen zwischen unterschiedlichem Gewebe reflektierter Energie wird unmöglich. Bei niedrigerer Frequenz nimmt die Eindringtiefe zu. Allerdings nimmt dann auch die Antennengröße zu, die benötigt wird, um die elektromagnetische Energie effektiv abzustrahlen.

Zusammen mit der zunehmenden Wellenlänge würde die räumliche Auflösung des Systems bis zu einem Punkt verringert an dem es als nichtinvasives Messgerät unbrauchbar wird. Die Wahl der Betriebsfrequenz hängt also von einem Kompromiß zwischen empfangener Signalstärke, die mit zunehmender Frequenz abnimmt, und räumlicher Auflösung, die mit zunehmender Frequenz zunimmt, ab. Glücklicherweise erlaubt die durch das Gewebe verursachte Verkürzung der Wellenlänge zusammen mit der Verwendung von Antennen, die Materialien mit hoher dielektrischer Konstante verwenden, die Untersuchung von tiefliegenden Organen bei Frequenzen zwischen 2 GHz und 8 GHz mit beherrschbarem Verlust durch Dämpfung und akzeptabler räumlicher Auflösung im Körpergewebe (...).

Es sollte nicht vergessen werden, daß Frequenzen bis zu 25 GHz erfolgreich verwendet wurden um die Bewegung der Arterienwände unter der Haut zu messen. In ähnlicher Weise wurde gezeigt, daß mit Geräten die mit einer Frequenz von 35 GHz arbeiten, verlässliche Messungen von Pulsschlag und Atmung auf Entfernungen bis zu 3 Metern durchgeführt werden können. Der Empfangsgerät oder der Umschalter zwischen Sender und Empfänger führt einen kleinen Teil (20-50 dB) der Sendeleistung als Vergleichssignal auf den Detektor. Außerdem nimmt der Empfänger das zurückgeworfene Signal bei Geräten auf, die das reflektierte Signal verwenden. (...) Die durchschnittlich abgestrahlte elektromagnetische Energie bestehender Geräte liegt zwischen ungefähr 0,001 bis 1 mW pro Quadratzentimeter. Die Antennenöffnung hat Größen zwischen 0,25 und 200 Quadratzentimeter. (...)

Es werden mehrere für kommerzielle Anwendungen wie Geschwindigkeits- und Bewegungsmessungen konstruierte Dopplerradargeräte angeboten. Diese Geräte senden nicht nur Energie, sondern sind auch in der Lage das zurückgestrahlte Signal zu empfangen. Die Sendeleistung liegt im allgemeinen zwischen 5 und 10 Milliwatt im Frequenzbereich zwischen 10 und 25 GHz. Diese Geräte bestehen aus einem Dauerstrich Gunndioden Oszillator mit festgelegter Frequenz sowie einer Schottky Mischdiode die zusammen in einem kleinen Wellenleitergehäuse untergebracht sind. Die Mischdiode überlagert das reflektierte Signal mit einem kleinen Teil des vom Gunn Oszillator gelieferten Mikrowellensignals als Referenzsignal, um ein proportional der Geschwindigkeit des Ziel dopplerverschobenes Signal bereitzustellen.

(Seite 6) Die Wellenlänge in Gewebe ist bei einer gegebenen Frequenz fast zehnmal kürzer als die Wellenlänge in Luft. Diese Tatsache wird die Verbesserung der Auflösung von Mikrowellen in der medizinischen Diagnose unterstützen. So beträgt zum Beispiel die Wellenlänge in Luft bei 10 GHz 30 mm. Tabelle 2 zeigt daß die Wellenlänge im Muskel auf 5 mm verringert wird. Dadurch wird die räumliche Auflösung einer Strahlung von 10 GHz im Muskel um den Faktor sechs verbessert.
(...)

Tabelle 2: Kontraktion der Wellenlänge in biologischem Gewebe bei 37° C

Wellenlänge (mm)				
Frequenz (MHz)	Blut	Luft	Muskel	Fett
915	41	328	44	137
2450	16	173	18	52
5800	7	52	8	23
10000	4	30	5	14

(*Anmerkung des Übersetzers: Die letzte Frequenz wurde im Buch fälschlich mit 1000 MHz anstatt 10000 MHz angegeben*)

Veröffentlicht in: Microwave noninvasive sensing of physiological signatures, James C. Lin In : Electromagnetic Interaction with Biological Systems, James C. Lin, New York 1989

Radarmessung der Atmung

(S.22ff) Die Möglichkeit Lebenszeichen wie Herzschlag und Atmung auf Entfernung zu messen ist besonders in Situationen nützlich, in denen direkter Kontakt mit dem Betroffenen entweder nicht möglich oder unerwünscht ist. Herzschlag und Atmung wurden über Entfernungen von einigen Metern bis zu mehreren zehn Metern gemessen, auch wenn sich Gegenstände zwischen Messgerät und Körper befanden. (...)

Bild 12 zeigt den mit Mikrowellen gemessenen Verlauf der Atmung bei einer Katze, deren Kopfbereich erwärmt wurde. Ein gewöhnlicher Hornstrahler für 10 GHz wurde in einer Entfernung von ungefähr 2 Metern auf den oberen Teil des Körpers gerichtet. Man sieht, daß der Sensor in der Lage ist die Änderung in der Atmung zu messen. Die Atemrate nahm mit der Erwärmung zu. Nach einer Periode der Verstärkung der Atmung folgte ein Zeitraum mit sehr schneller Atmung. Ungefähr 14 Minuten nach dem Ende der Erwärmung des Gehirns endete das schnellere Atmen. Diese Meßmethode hat mehrere Vorteile gegenüber den üblichen Verfahren, denn es wird kein physischer Kontakt zum Versuchssubjekt benötigt. Probleme wie Hautreizung, Behinderung der Atmung und Verbindung mit Elektroden werden leicht vermieden.

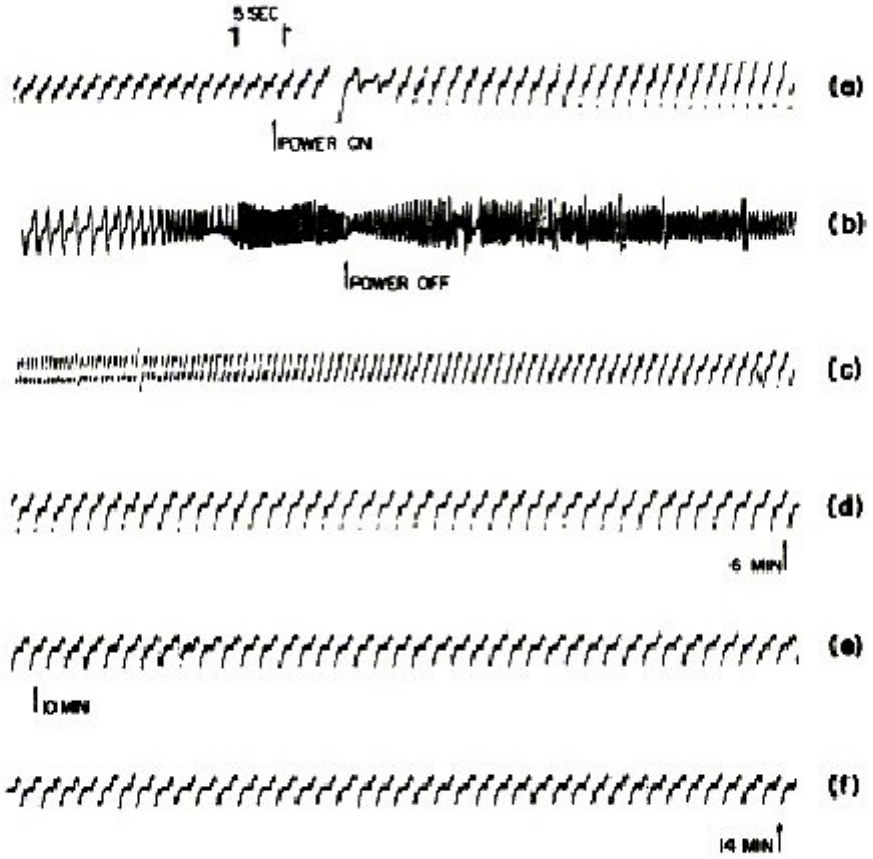


Fig. 12. Microwave tracing of the respiratory activity of a cat subjected to a brief period of differential heating of the brain (Lin et al., 1983).

Es wurde über die Messung von Herzschlag und Atmung über Entfernungen von mehr als 30 Metern berichtet. Meistens wurden Mikrowellenstrahlungen mit Frequenzen von 2 und 10 GHz verwendet. (...) Solche Systeme sind in der Lage, den Herzschlag und die Atmung von Personen zu messen, die in

einer Entfernung von mehr als 30 Metern auf dem Boden liegen. Ein System mit einer Frequenz von 2 GHz war sogar in der Lage, Herzschlag und Atmung von Personen hinter einer trockenen 1 Meter breiten Ziegelwand zu messen (Bild 13). Man kann sich vorstellen, daß ähnliche Geräte bei verschiedenartigen Rettungseinsätzen verwendet werden können, bei denen direkter Kontakt mit den Betroffenen entweder unmöglich oder nicht wünschenswert ist.

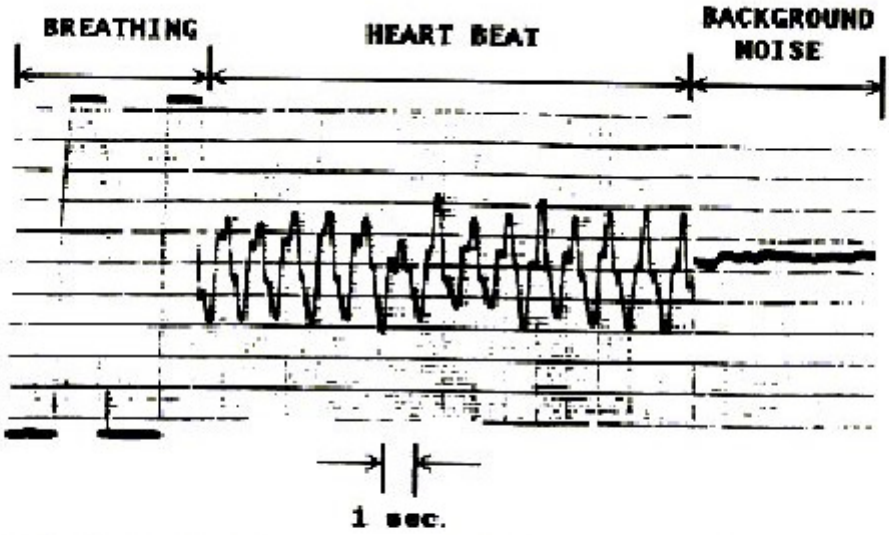


Fig. 13. Microwave (2 GHz) tracing of the heart beat and respiration of a human subject lying face-up under six layers (50cm) of dry bricks (Chen et al., 1986).

Eine Vielzahl von Einsatzmöglichkeiten nichtinvasiver Messungen mit Mikrowellen, ob als Kontaktmethode oder auf eine gewisse Entfernung, werden gerade erst entdeckt.

The use of ultra-high frequencies in biological research, Iu. E. Maskalenko. In: Biophysics (UdSSR), 3-5, S. 589-598 (Übersetzung ins Englische).
Auch zitiert als: Moskalenko, Y.E.: Utilization of superhigh frequencies in biological investigations. In: Biophysics (UdSSR), (englische Übersetzung), vol. 3, pp 619-626, 1958

Die Verwendung von UHF Frequenzen in der biologischen Forschung

(...) Die Körper von Menschen und Tieren sind für Radiowellen im UHF Bereich halb durchlässig. (...) Eine ebene elektromagnetische Welle die auf irgendeinen Teil des Körpers trifft, wird in ihm teilweise absorbiert. Der Grad der Absorption hängt von den durchschnittlichen Werten der dielektrischen Konstante und der Leitfähigkeit des Gewebes des Körpers der sich im Weg der Radiowellen befindet. (...) Ein Gerät zur Aufzeichnung der Änderung der Absorption der Radiowellen (Bild 1) kann folgendermaßen dargestellt werden: Sendeantenne A1 die in Richtung auf das zu untersuchende Objekt strahlt und Empfangsantenne A2 die das Signal auffängt das durch den zu untersuchenden Körper O gewandert ist. (...)

Iu. E. Maskalenko

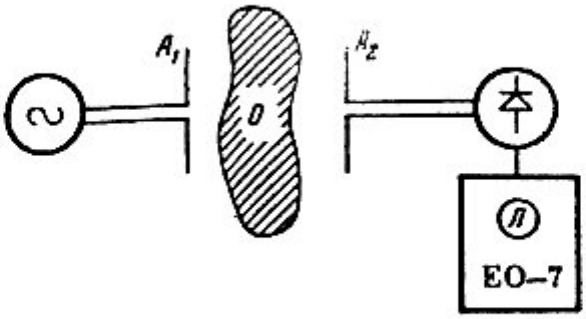


Fig. 1. The principle of recording electrical parameters of living tissues at ultra high frequencies. *O* is the object.

Es wurde ein Gerät erdacht und gebaut, das aus einem Generator mit einer Leistung von 2 Watt, einer Sendeantenne und einem Empfangssystem mit einem an ein Koaxialkabel angeschlossenen Dipol besteht. Die Spannung im Kabel wird gleichgerichtet und auf ein EO-7 Oszilloskop gegeben. Damit keine speziellen Gleichstromverstärker verwendet werden müssen, sind die elektromagnetischen Schwingungen des Oszillators durch die Verwendung einer Wechselspannung von 50 Hertz moduliert. Dadurch kann der Niederfrequenzbereich des EO-7 Oszilloskops als Verstärker verwendet werden. Die Aufnahme der Änderungen der Radiowellenabsorption im Raum zwischen den Antennen wurde photographisch durchgeführt, indem ein Gerät einen Filmstreifen gleichmäßig mit einer Geschwindigkeit von 10 und 30 mm/Sekunde über das Anzeigefeld des Oszilloskops transportierte.

Durch Versuche wurde festgestellt, daß die größte Empfindlichkeit dieser Methode erreicht wird, wenn der Abstand der Sendeantenne 10-15 cm und der Abstand der Empfangsantenne 0,5-1 cm vom zu untersuchenden Objekt beträgt. In diesem Fall durchdring der Hauptteil der elektromagnetischen Energie den Körper in einem kreisförmigen Bereich mit einem Durchmesser von 5-7 cm, was es möglich macht, Veränderungen im Blutgehalt von menschlichen Organen Herzens, Lunge, Rückenmark und so weiter zu messen.

Wenn die Veränderungen im Blutgehalt von tiefliegendem Gewebe untersucht werden, muß die Ebene der Sendeantenne parallel zur Projektion des entsprechenden Organs auf die Oberfläche des Körpers sein, denn wenn die Radiowellen unter einem anderen Winkel einfallen, wird ein Teil der elektromagnetischen Energie reflektiert. Bei einem Winkel über 60 Grad erfolgt vollständige

Reflektion. Dieser Umstand ermöglicht den zu untersuchenden Bereich durch entsprechende Orientierung des Körpers im Verhältnis zur Antenne genauer einzugrenzen.

Die erfolgreiche Anwendung dieses kontaktlosen Verfahrens zur Untersuchung von tiefliegenden Organen hängt davon ab, inwieweit es möglich ist den Einfluß von Änderungen des Blutgehalts von anderem Gewebe, das sich im Weg der Radiowellen befindet, abzuschätzen. Da der Strahl der Radiowellen auf geradem Weg durch das Gewebe dringt, ist das Verhältnis in der Änderung der Absorption von elektromagnetischer Energie im Gewebe des untersuchten Organs zur Änderung der Absorption im übrigen durchdrungenen Gewebe gleich dem Verhältnis des systolischen Blutvolumens im untersuchten Organ und im übrigen Gewebe. Eine ungefähre Berechnung dieses Verhältniswertes ist nicht schwierig und zeigt, daß er in der Untersuchung von Organen wie Herz, Lunge und Gehirn nicht größer ist als 0,05. Das bedeutet, daß der Fehler dieser kontaktlosen Messmethode, der sich aus der Änderung des Blutgehalts des Gewebes ergibt, das das zu untersuchende Organ umgibt, nicht größer als 5 Prozent ist. (...)

Versuche an Modellen hatten zum Ziel, die Bedingungen der größten Empfindlichkeit dieses Verfahrens sowie die Größe der Veränderung des Signals im Empfängersystem festzustellen, wenn die äußeren Abmessungen des Untersuchungsobjektes gleich bleiben. Das Modell an dem diese Versuche durchgeführt wurden, bestand aus einer Flasche mit einem Durchmesser von 150 mm und einem langen Hals durch den ein einseitig verschlossener Gummischlauch geführt wurde, an dem am anderen Ende ein Gummiball befestigt war. Der Raum der Flasche war mit 1 % NaCl Lösung gefüllt. Beim zusammendrücken des Balls dehnte sich der Schlauch in der Flasche aus und ein Teil der Lösung in der Flasche floß in ein Messröhrchen. Durch den Anstieg des Spiegels der Flüssigkeit in diesem Röhrchen war es möglich die Größe der Änderung des Verhältnisses zwischen Luft und Flüssigkeit in der Flasche abzuschätzen. Das Bild der Änderung der Radiowellenabsorption in diesem Modell die durch periodisches Zusammendrücken des Gummiballs hervorgerufen wurde, zeigt Bild 6a. Die Veränderung im Verhältnis von Luft und Flüssigkeit in der Flasche betrug 0,8 Prozent.

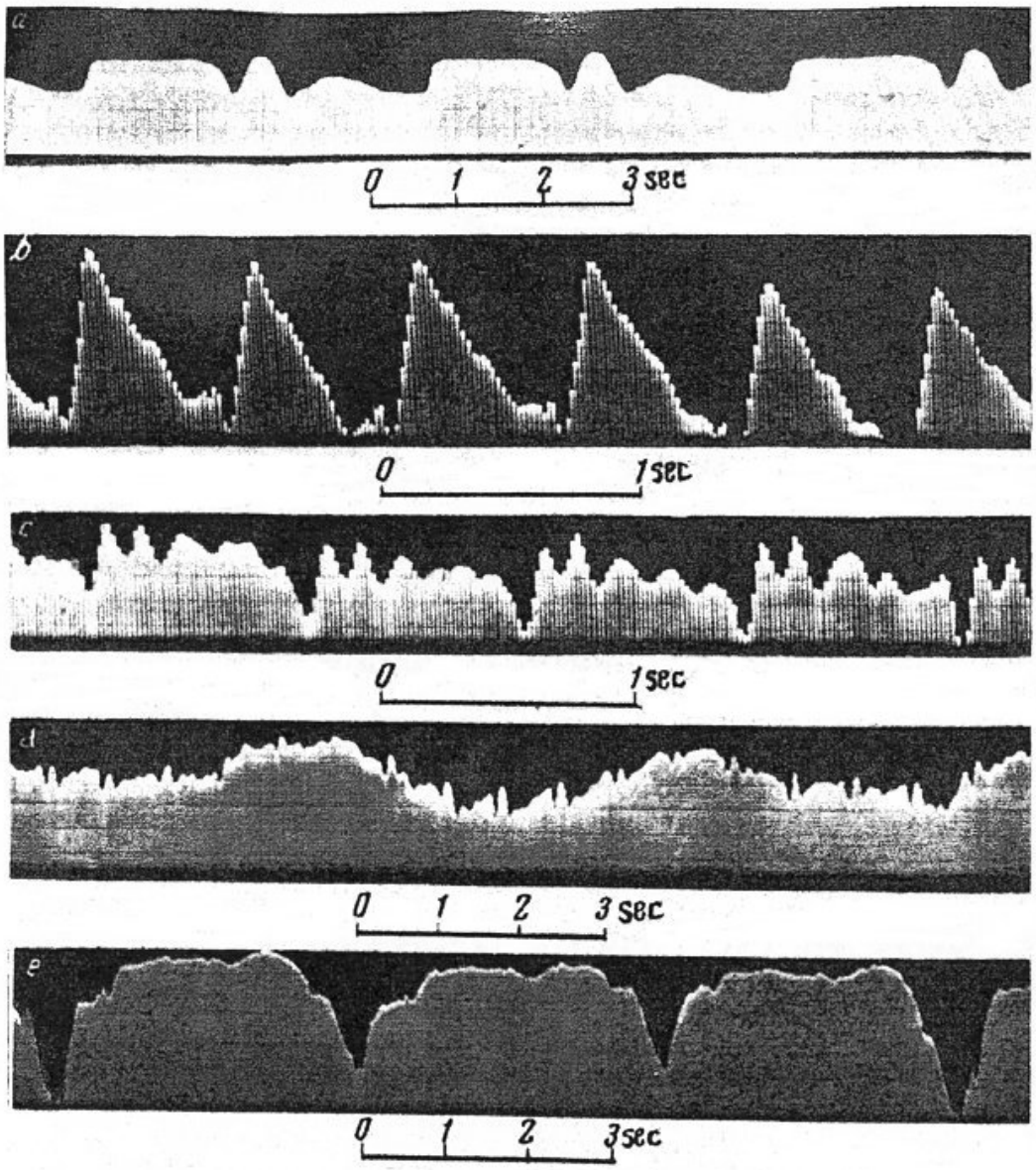


FIG. 6. Examples of use of the contactless method in recording some physiological processes.

Diese Versuche ermöglichten den optimalen Abstand zwischen dem zu untersuchenden Objekt und den Antennen festzustellen, der oben angegeben wurde und zeigten die Abhängigkeit der Änderung der Radiowellenabsorption von inneren Vorgängen die im untersuchten Objekt stattfinden.

Versuche an Menschen wurden unter den selben Bedingungen wie bei den Modellversuchen durchgeführt. Der zu untersuchende Teil des Körpers wurde so platziert, daß die Linie zwischen den Mitten der beiden Antennen (die Antennenlinie) durch das zu untersuchende Organ lief und die Ebene der Sendeantenne parallel zu dem Teil des Körpers war auf den die Projektion des untersuchten Organs am größten war. (Berücksichtigt wurde auch wo die Menge des übrigen Gewebes im Weg der Radiowellen am geringsten ist.)

In Bild 6b, 6c, 6d und 6e werden Kurven von Änderungen der Radiowellenabsorption durch Puls und Atem in verschiedenen Teilen des menschlichen Körpers wiedergegeben. Durch Anordnung der

Antennenlinie auf der Höhe des fünften (Bild 6b) und des zweiten (Bild 6c) Rippenzwischenraumes der linken Brustseite entspricht die Änderung der Radiowellenabsorption während des Anhaltens der Luft der Änderung des Blutvolumens des Herzens. Der Unterschied in der Kurve der beiden Bilder 6b und 6c zeigt daß der Hauptstrahl der Radiowellen durch verschiedene Bereiche des Herzens ging. Diese Kurven wurden durch die Bekleidung hindurch aufgenommen, was aber, wie der Versuch zeigt, die Empfindlichkeit des Verfahrens nicht beeinflusst.

Das Bild 6d zeigt die Änderung im Lungenvolumen während normaler Atmung. (...) Zunahme der Radiowellen Absorption in Bild 6d entspricht der Einatmung. Bei der Aufnahme dieser Kurve verlief die Antennenlinie durch die Mitte der Brust. Die Änderung der Absorption von Radiowellen wenn sie sagittal (*Anmerkung des Übersetzers: von vorne nach hinten oder umgekehrt*) durch den Schädel geleitet werden, hängt von der Änderung des mengenmäßigen Verhältnisses zwischen Blut und Hirnflüssigkeit ab, denn das gesamte Volumen des Gewebes im Bereich des Gehirns bleibt gleich. (...)

Die hier wiedergegebenen Bilder zeigen nur einige Beispiele der Anwendung der kontaktlosen Methode zur Untersuchung von bestimmten Vorgängen in Organismen ohne alle Möglichkeiten der Anwendung dieser Methode in der biologischen Forschung aufzuzählen.

Application of centimetre radio waves for non-contact recording of changes in volume of biological specimens, Iu.Ye. Moskalenko. In: Biofizika 5: No.2, 225-228, UdSSR 1960
Übersetzung: Biophysics Vol 5, S.260-264, New York

Die Anwendung von Radiowellen im Zentimeterbereich bei der kontaktlosen Aufzeichnung von Volumenänderungen biologischer Objekte

Es ist aus der Theorie und der Praxis von ultrahohen Frequenzen bekannt, dass jeder Gegenstand in einem Wellenleiter die Weiterleitung von elektromagnetischer Energie durch Absorption verringert. (...) Um berührungslose Aufzeichnungen von Volumenänderungen mit Hilfe der UHF-Elektroplethysmographie durchzuführen ist es notwendig, eine Methode zu finden, das Testobjekt im Wellenleiter zu befestigen und die prinzipiellen elektrischen Charakteristika der verwendeten Radiowellen - Wellenlänge und Stärke des Energieflusses - auszuwählen. (...) Wegen der Abhängigkeit der Empfindlichkeit der UHF-Elektroplethysmographie von der Orientierung des Testobjektes ist es möglich, Volumenänderungen in dessen verschiedenen Teilen aufzuzeichnen. Zu diesem Zweck wird das Testobjekt im Wellenleiter so angeordnet, dass die Änderung seiner Silhouette (vorzugsweise entlang der X-Achse) durch den Teil des Objektes verursacht wird, dessen Volumenänderung aufgezeichnet werden soll. (...) (Die X-Achse ist parallel zur breiten Seite des Wellenleiters.) (...)

Zwei Reihen von Versuchen zur Überprüfung der theoretischen Annahmen und praktischen Durchführbarkeit der UHF-Elektroplathysmographie wurden durchgeführt. Die erste Versuchsreihe wurde an Modellen mit dem Ziel durchgeführt, die optimalen Bedingungen für kontaktlose Volumenänderungen sowie die Grenzen der Empfindlichkeit des Verfahrens festzustellen. In der zweiten Reihe der Versuche, deren Ziel die Untersuchung der praktischen Anwendungsmöglichkeit der UHF-Elektroplathysmographie war, waren die untersuchten Objekte die isolierten Organe eines Frosches (Rana temporaria, Herz und Skelettmuskel) sowie das isolierte Herz von Kaulquappen am 28. bis 30. Tag ihrer Entwicklung. Für Objekte dieser Größe betrug die gewählte Wellenlänge ungefähr 3 cm (Frequenz ungefähr 10 GHz). (...)

Die erste Reihe von Versuchen wurde an einem Modell durchgeführt, dass aus einem Gummischlauch von 20 cm Länge mit einem Durchmesser von 2 mm bestand. Der Hohlraum des Schlauches war mit 1 % BaCl Lösung gefüllt Ein Ende des Schlauches war verschlossen und das andere Ende war mit einem Gummiballon verbunden, der sich beim Zusammendrücken den Schlauchs aufblähte und seinen Durchmesser auf 3 mm vergrößerte. Der Schlauch wurde durch eine Öffnung in den Wellenleiter geführt und sein Ende in einer Messbürette platziert. Die Volumenänderungen des sich im Wellenleiter befindenden Schlauchstückes wurde mit Hilfe der Änderung des Flüssigkeitsstandes in der Bürette abgeschätzt.

Die Versuche an diesem Modell zeigten einen Zusammenhang zwischen dem Volumen des Schlauches und der Spannung am Empfänger. (...) Das Verhältnis zwischen der Dämpfung durch das Testobjekt und der Empfindlichkeit der Methode wurde bestimmt. Die größte Empfindlichkeit wurde bei einer Dämpfung von 5-6 Dezibel beobachtet. (...) Nachdem experimentell die Möglichkeit der Aufzeichnung von kleinen Volumenänderungen bewiesen war, begann eine zweite Reihe von Versuchen an biologischen Objekten.

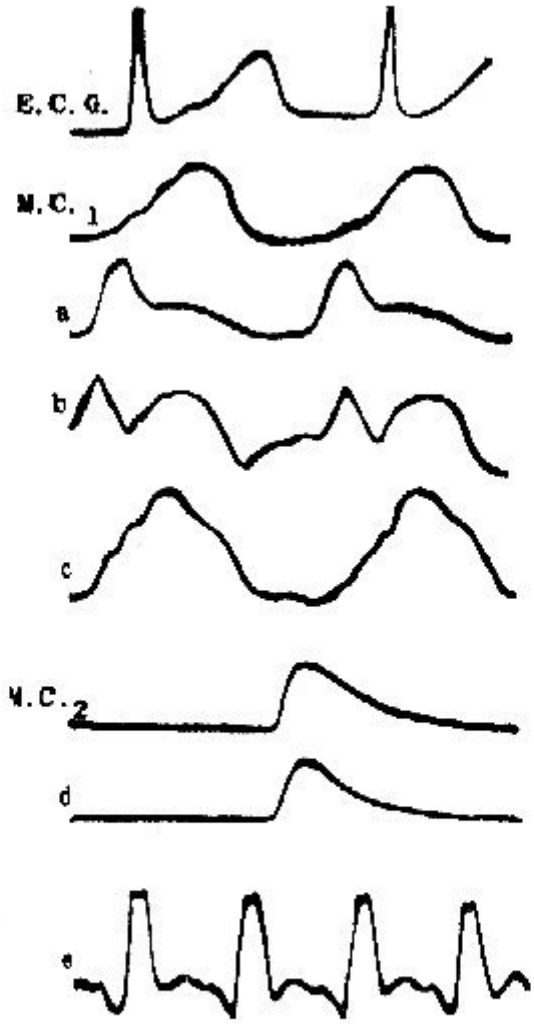


FIG. 4. Examples of non-contact recording of changes in volume of biological specimens. *a*, *b*, *c*, isolated frog heart; *d*, isolated frog muscle; *e*, isolated rabbit heart; E.C.G. and MC_1, electrocardiogram and mechanical contraction of test frog heart; MC_2 mechanical contraction of muscle.

Bild 4 zeigt eine Aufzeichnung von Volumenänderungen der verschiedenen Teile des Herzens die durch eine Bewegung des Objektes in Richtung der Y-Achse hervorgerufen wurde (Bild 4 (a), (b), (c)). Diese Aufzeichnungen wurden bei einer Empfindlichkeit der Versuchsanordnung, die 10 Prozent des Maximums entsprach, durchgeführt. Die durch das Versuchsobjekt im Wellenleiter hervorgerufene Dämpfung betrug ungefähr 2-3 Dezibel. Aufzeichnungen der Volumenänderungen des isolierten Sartorius Muskels eines Frosches als Folge eines einzelnen Stimulus sind in Bild 4 (d) wiedergegeben. Die durch den Muskel im Wellenleiter hervorgerufene Dämpfung betrug 1,5 Dezibel.

Das im Zentimeterbereich arbeitende Standardgerät erlaubt kontaktloses Aufzeichnen von Volumenänderungen oder Bewegungen von größeren biologischen Objekten (deren Abmessungen gleich oder sogar größer sind als die Wellenlänge) wenn es aus dem einen oder anderen Grund nicht erwünscht ist, ein Aufzeichnungsgerät an ihnen zu befestigen. In diesem Falle wird das Testobjekt zwischen die zwei Hornantennen gebracht, deren Abstand voneinander 2 cm oder mehr betragen kann. Auf diese Weise wurden die Kontraktionen des mit Nährlösung versorgten Kaninchenherzens aufgezeichnet (Bild 4 (e)).

Die hier vorgestellten Daten sind nur einzelne Beispiele, die die Möglichkeit der kontaktlosen Messung von Volumenänderungen und Bewegungen in einem elektromagnetischen Feld von Radiowellen im Zentimeterbereich bestätigen. Tatsächlich sind die Grenzen der Anwendungsmöglichkeiten der UHF-Elektroplethysmographie viel weiter gesteckt. Für jeden einzelnen Versuch ist es notwendig, (...) die

passenden Eigenschaften des elektromagnetischen Feldes und die richtige Anordnung des Versuchsobjektes im Wellenleiter auszuwählen.

Zusammenfassung

(1) Auf der Grundlage der Verteilung von Zentimeterwellen in einem Wellenleiter ist es möglich, eine kontaktlose Methode der Aufzeichnung von Volumenänderungen in biologischen Objekten mit einer Genauigkeit von bis zu 0,5 Prozent zu beschreiben: UHF-Elektroplethysmographie.

(2) Das Prinzip der Methode der UHF-Elektroplathysmografie basiert auf der Dämpfung des Leistungsflusses in einem Wellenleiter durch das Versuchsobjekt. Der Wert dieser hervorgerufenen Dämpfung wird durch die Größe der Silhouette des Versuchsobjektes in Richtung auf die kleinste Wand des Wellenleiters bestimmt. Die vorgeschlagene Methode hat ihre größte Empfindlichkeit bei Versuchsobjekten deren Größe einem Zehntel der Wellenlänge entspricht.

(3) Die Verringerung der Wellenlänge bis in den Bereich der Millimeterwellen öffnet die Möglichkeit der Entwicklung von Verfahren, die Aufzeichnungen von Bewegungen und Volumenänderungen von biologischen Objekten bis in den mikroskopischen Bereich ermöglichen.

Radiometrie: Einleitung

Im Folgenden werden die relevanten Bereiche eines Aufsatzes zur Radiometrie, das heißt der Messung der vom Körper abgestrahlten Mikrowellenenergie wiedergegeben. Das Verfahren der Radiometrie ermöglicht die kontaktlose Messung der Temperatur des Körpers. Da es sich um ein passives Verfahren handelt, also das Gerät selber keine Mikrowellenstrahlung aussendet, kann das Radiometer nicht geortet werden. Das hier vorgestellte Verfahren arbeitet mit auf den Körper aufgebrachten Antennen, da es in der Medizin eingesetzt werden soll. In der Überwachungstechnik dagegen werden entsprechende "Mikrowellenkameras" eingesetzt, die durch die Kleidung, vermutlich sogar durch dünne Wände und Türen "sehen" können.

Die Firma Millivision (http://www.millivision.com/) bietet Radiometerkameras zur Überwachung an. Diese Geräte sind so klein, daß sie in der Hand gehalten werden können:

Von einer Radiometerkamera aufgenommene Bilder sehen so aus:

Die rechte Bild haben wir einem Film der Internetseite Startiger (http://www.startiger.org) entnommen. Er kann auch bei http://www.totalitaer angesehen und heruntergeladen werden.

Der Film und die beiden Bilder stammen von Qinetiq (http://www.qinetiq.com). Weitere Informationen unter http://www.qinetiq.com/casestudies/2002/case_study5.html.

Der folgende Aufsatz beschreibt das grundsätzliche Verfahren der Radiometrie.

Microwave radiometry and thermography, Leroy, Y.; Mamouni, A.; Van de Velde, J.C. ; Bocquet, B. In : Electromagnetic Interaction with Biological Systems, James C. Lin

Mikrowellenradiometrie und Thermographie

(S.27ff) Die Messung des von lebendem Gewebe verursachten elektromagnetischen Wärmerauschens ist die Grundlage für ein nichtinvasives Verfahren zur Temperaturmessung bis in mehrere Zentimeter Tiefe unter der Oberfläche des Haut. (...)
Die Pioniere auf diesem Gebiet sind Barret und Myers die (*Anmerkung des Übersetzers: Mitte der 70er Jahre*) Radiometer mit Frequenzen von 1,3 und 3,3 GHz gebaut und Versuche zur Entwicklung eines neuen Verfahrens zur Brustkrebserkennung durchgeführt haben. Dieses Verfahren beruhte auf einer Kombination von Temperaturuntersuchungen im Mikrowellen- und Infrarotbereich. (...)

Wenn man ein Bild aus den an verschiedenen Punkten der Oberfläche lebenden Gewebes gemessenen radiometrischen Werten rekonstruiert, bekommt man eine qualitative Information über die Temperaturverteilung in der gesamten Tiefe des Gewebes, die mit dem Radiometer erfasst werden kann. (...)
Zur Konstruktion eines solchen Bildes benötigt man eine große Menge radiometrischer Daten. Aus diesem Grund haben wir zuerst ein Radiometer mit vielen Messfühlern gebaut (Mittlere Frequenz 3 GHz) um die Erfassung und räumlichen Zuordnung der Messwerte zu vereinfachen. Sechs Messfühler befanden sich eng beieinander (die geometrische Anordnung ihrer Antennenöffnung zeigt Bild 1) und wurden über einen Vielfachschalter abwechselnd mit dem Radiometer verbunden. (...)

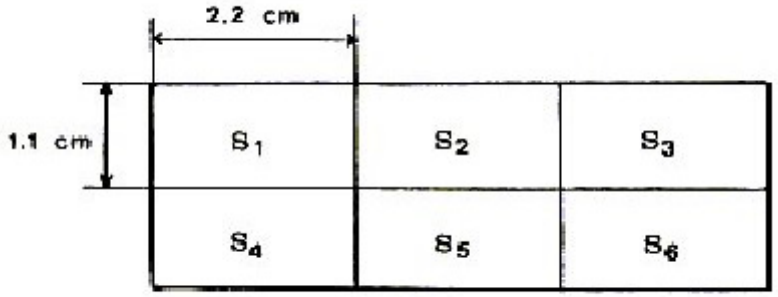


Fig. 1 . Geometry of the apertures of the multiprobe.

Da die Empfindlichkeit der Messfühler in der Mitte ihrer Antennenöffnung besonders groß ist, mussten wir die Anordnung der Messfühler nach jeder Messung um ein kleines Stück verschieben um eine Überlappung der nacheinander jeweils gemessenen Oberflächenbereiche zu erreichen. Wie in Bild 2 sichtbar wurden so von einer Fläche von 7x7 cm bei 12 Positionen der Gruppe von 6 Messfühlern 72 radiometrische Daten gemessen.

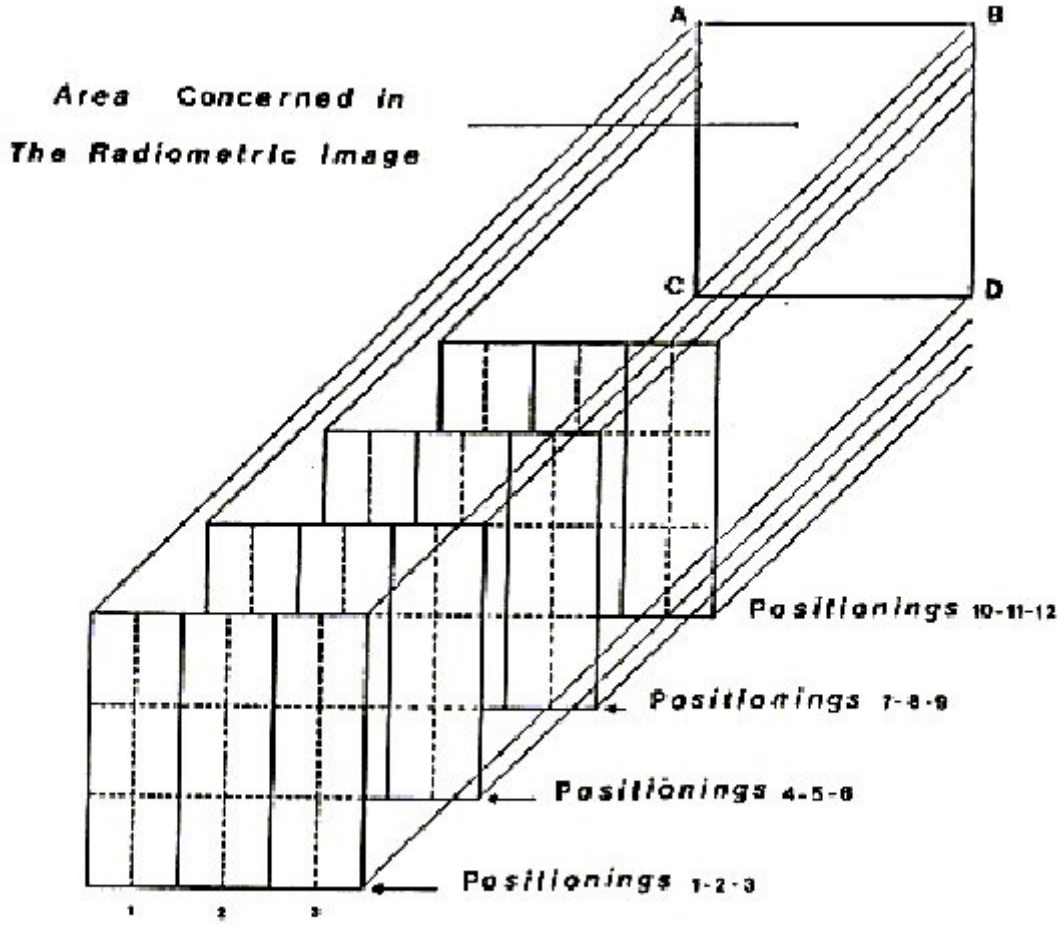


Fig. 2 . Mode of positionnings of the multiprobe in the realization of a 72 point radiometric image.

Dann wurde das radiometrische Bild konstruiert. Abschätzungen unter Berücksichtigung der radiometrischen Daten und der Gewichtung der einzelnen Bereiche der Antennenöffnung des einzelnen Messfühlers wurden vorgenommen. In Bild 2 wird ein sogenannter "longitudinaler Modus", bei dem die langen Seiten der Messfühler senkrecht angeordnet sind, dargestellt. Es kann auch ein "transversaler Modus" verwendet werden, bei dem die langen Seiten der Messfühler horizontal angeordnet sind. Außerdem können die Daten von longitudinalem und transversalem Modus des gleichen Gebietes kombiniert werden, so daß man ein Bild aus 144 radiometrischen Werten erhält.

In der Praxis werden zuerst radiometrische Messungen für ein Bild mit 72 Punkten gemacht. Wenn der Unterschied zwischen der maximalen und der minimalen radiometrischen Temperatur (bei den 72 Messungen) größer als 1,5° C ist, ist es möglich ein aussagefähiges radiometrisches Bild zu erhalten. Wenn aber die Temperatur niedriger als 1,5° C ist hat sich in der Praxis gezeigt, daß 72 Meßwerte nicht genügen. In diesem Falle setzen wir die Messungen fort bis wir 144 Werte erhalten haben. Es ist zu beachten, daß wir in diesem Fall eine bedeutende Erhöhung der räumlichen Auflösung erhalten, denn bei einem Bild mit 144 Punkten beträgt die durchschnittliche Entfernung zwischen zwei benachbarten Zentren der Antennenöffnung nur 5 mm. (...)
Dieses bildgebende Verfahren wird zur Zeit am Krebszentrum in Lille für Krebsuntersuchungen verwendet. (...)

Kombination von Radar und Radiometer

Es werden sogar bereits Kombinationsgeräte hergestellt, die aus einem passiven Radiometer und einem Radargerät bestehen.

Aus: Einführung in die Radartechnik von Bernhard Huder, Stuttgart 1999, Seite 167f:
"Das Mehrmoden-Speisesystem wird auch in einem sogenannten Dual-Mode-Sensor verwendet. Dieser in Bild 9.2.8 bezeigte Sensor besteht gleichzeitig aus einem Monopulsradar im Millimeterwellenbereich und einem Radiometer im Infrarotbereich. Ein Radiometer ist ein passiver Sensor, welcher die von einem Objekt abgegebene elektromagnetische Strahlung empfängt und daraus Informationen über Art und Struktur des Objekts ableitet.

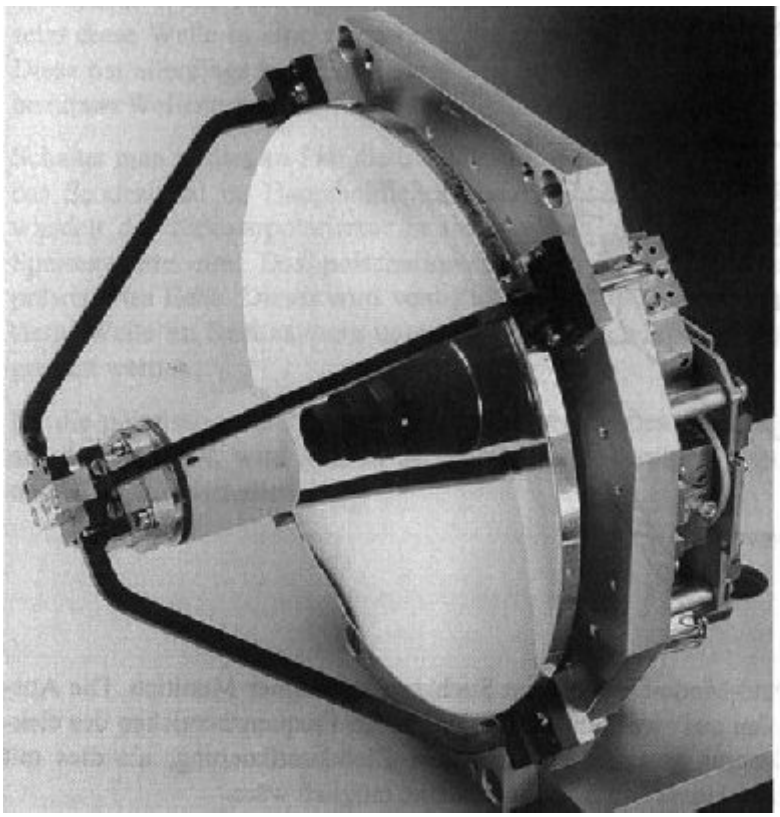


Bild 9.2.8
Dual-Mode-Sensor mit Mehrmoden-Speisesystem

Der verspiegelte Hauptreflektor (main reflector) der Antenne wird gleichermaßen für die Radar- als auch für die Radiometerfunktion benutzt. Die Schnittzeichnung in Bild 9.2.9 zeigt mit dem gestrichelt eingezeichneten Strahlenweg, daß Hauptreflektor und Strahlteiler (beam splitter) ein Doppelreflektorsystem für die Infrarotstrahlung bilden. Für die Mikrowellenstrahlung sind der Strahlteiler und dessen Befestigungszylinder (support structure) durchlässig. Wie der durchgezogen gezeichnete Strahlenweg zeigt, wirkt die Antenne als Einfachreflektorsystem. (...) Das Radom (radome) dient dem Schutz der Antenne vor Witterungseinflüssen. Es ist für beide Betriebsfrequenzbereiche, nämlich Mikrowelle und Infrarot, durchlässig.

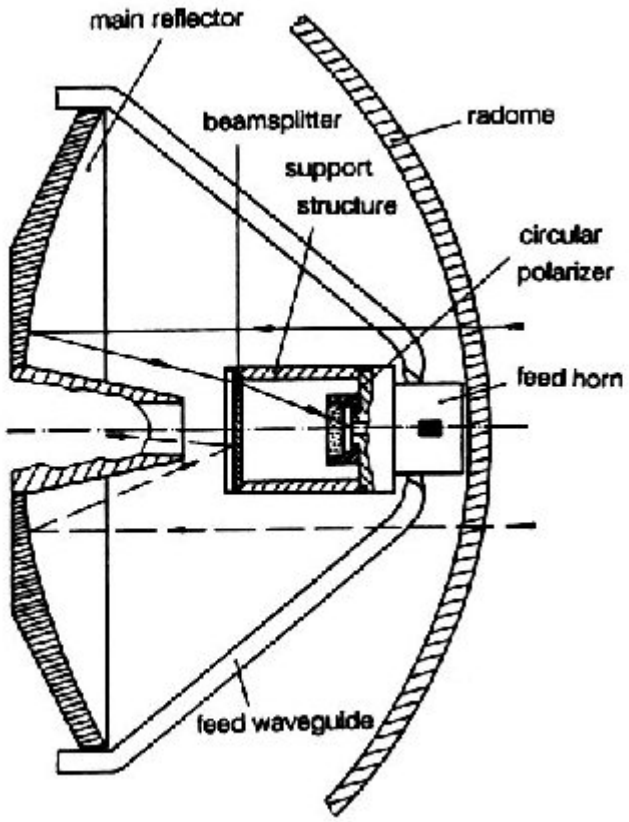


Bild 9.2.9:
Schnittzeichnung des Dual-Mode-Sensors

Anwendung finden Dual-Mode-Sensoren im Suchkopf autonomer Munition. Die Auswertung von Zielsignalen aus zwei sehr unterschiedlichen Frequenzbereichen als elektromagnetischen Spektrums gestattet eine exaktere Zielklassifizierung, als dies mit einem Mikrowellen- oder einem Infrarotsensor allein möglich wäre."

Röntgentechnik

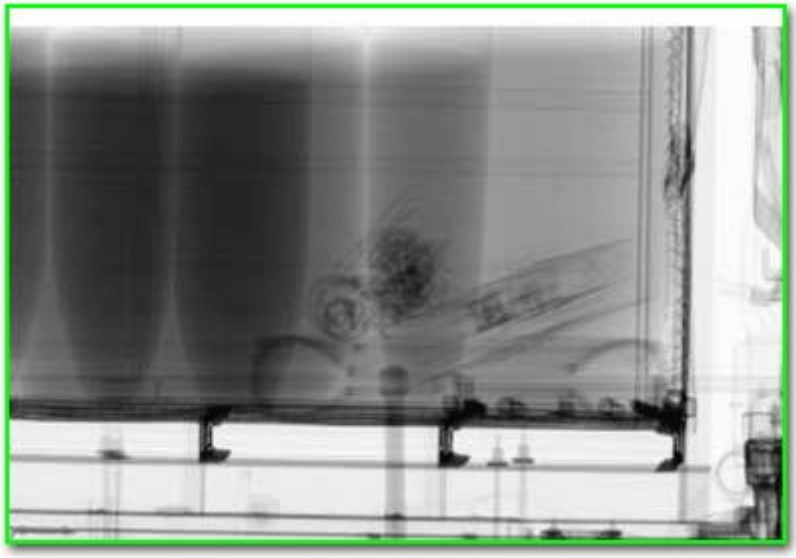
Auch mit Hilfe der Röntgentechnik lassen sich Personen und Gegenstände, auch unbemerkt, durchsuchen. Interesant ist, daß hier die Person nicht wie beim medizinischen Röntgen üblich durchleuchtet wird, sondern daß die an der Oberfläche des Körpers reflektierte Strahlung aufgefangen und ausgewertet wird. Das folgende Bild einer Person wurde auf diese Weise gemacht. Die Strahlenbelastung betrug 10 Microrem. Zum Vergleich: Die Tagesdosis in Miami beträgt 300 Microrem, in Denver (1600 Meter über dem Meer) 600 Microrem. Während eines einstündigen Fluges nimmt ein Passagier 500 Microrem pro Stunde auf. Die Strahlenbelastung ist also relativ gering, sodaß sich der Staat die Berechtigung anmaßen könnte auch dieses Verfahren zu verwenden.

Das folgende Bild wurde mit einer Strahlenbelastung von weniger als 300 Microrem gemacht. Damit ist es bereits möglich in den Körper hineinzusehen und Gegenstände, die sich innerhalb des Körpers befinden, zu erkennen. Unter anderem verschluckte Drogenpäckchen (im Bild unterhalb des Brustkorbs zu sehen). In diesem Zusammenhang ist zu bemerken, daß in einigen Bundesländern Verdächtigen mit Gewalt Brechmittel verabreicht werden, um vermutete Drogen aus dem Körper zu befördern. Dabei kam es mehrfach zu Todesfällen.

Bei der Anwendung der Röntgenstrahlen zur Durchsuchung von Fahrzeugen verwendet man bedeutend stärkere Strahlung. Bei den folgenden Bildern wurden die durch die Lastwagen gehenden Strahlen ausgewertet. Die Auflösung beträgt 5 Millimeter, und man ist in der Lage, durch 40 cm Stahl zu sehen. Wie man sieht, werden selbst die Motoren der Lastwagen transparent. Die einzigen Stellen die nicht durchleuchtet werden konnten (rote Färbung) sind die Achsen.

Die Fässer auf dem Lastwagen sind mit Wasser gefüllt.

Vergrößerter Ausschnitt des vorherigen Bildes.



Die Bilder haben wir der Internetseite der Firma Rapiscan (http://www.rapiscan.com) entnommen.

Einleitung
Der folgende Text aus dem Jahre 1961 ist einer Sammlung von Aufsätzen entnommen die das Ergebnis eines Kongresses der amerikanischen Streitkräfte über die biologische Wirkung von Radiofrequenzstrahlung ist. Es wird über die Entwicklung eines Schutzanzuges für Radiofrequenzstrahlung berichtet. Dieser soll das Wartungspersonal von Radaranlagen vor Schäden durch Radiofrequenzstrahlung schützen. Getestet wurde das verwendet Material vor allem im Frequenzbereich zwischen 350 und 450 MHz (Siehe Bild 4, 6 und 7). In diesem Frequenzbereich liegt die Resonanzfrequenz des Kopfes, das heißt der Kopf verhält sich in diesem Bereich wie eine abgestimmte Antenne und nimmt verhältnismäßig viel Hochfrequenzenergie auf. (Siehe auch: „Radio Waves and Life“, Kapitel „Waffen“) Der beschriebene Anzug ist also für den Schutz vor Angriffen mit Radiofrequenzwaffen auf das zentrale Nervensystem optimiert. Und wie man sieht trägt die Person im Schutzanzug auch eine entsprechende Waffe, die gelegentlich als Mikrowellenpistole bezeichnet wird. (siehe auch „Elektromagnetische Wellen als tödliche Gefahr“, Kapitel „Waffen“) Auch wenn der Anzug eine beachtliche Abschirmung um 50 dB erreicht bietet er nur einen relativen Schutz wenn die Sendeleistung entsprechend erhöht wird.

Development of a Garment for Protection of Personnel Working in High-Power RF Environments
Martin R. Reynolds
In: Proceedings of the Fourth Annual Tri-Service Conference on the Biological Effects of Microwave Radiation, Vol. 1
Mary Fouse Peyton, New York 1961, S. 71-84

Entwicklung eines Anzugs zum Schutz von Personen die im Bereich von starker Radiofrequenzstrahlung arbeiten

Eine Anforderung an Radarsysteme mit hoher Leistungsabstrahlung in der Art der Radaranlagen des Ballistic Missile Early Warning System (BMEWS), also des Frühwarnsystems für ballistische Raketen, ist durchgehender 24 Stunden Betrieb. Abschaltungszeiten für Wartung, Kontrolle und Reparatur müssen auf einem absoluten Minimum gehalten werden. Aus diesem Grund ist es wahrscheinlich, daß viele Wartungsarbeiten außerhalb von Gebäuden in Bereichen durchgeführt werden, in denen gefährlich hohe Feldstärken bestehen. (...)

Die hauptsächlichen Anforderungen an einen wirkungsvollen Schutzanzug sind:
1. Verringerung von hohen Feldstärken außerhalb des Anzuges auf sichere Werte innerhalb des Schutzanzuges.
2. Schutz gegen hohe Spannungsunterschiede die auf der Oberfläche des Anzuges entstehen.
3. Möglichst geringe Einschränkung von Sicht, Beweglichkeit und bei Tätigkeiten.
(...)

Abschirmung
(...) Aus der Kenntnis der erwarteten Durchschnittsleistungen in der Nähe von Hochleistungsradargeräten war es möglich, eine eindeutige untere Grenze der akzeptablen Effektivität der Abschirmung festzulegen. Es wurde eine Mindestdämpfung der Abschirmung von 40 dB ausgewählt, wobei eine Sicherheitsreserve enthalten ist. Abschirmung kann entweder durch Absorption oder durch Reflektion der Radiofrequenzenergie oder durch eine Kombination von Absorption und Reflektion erreicht werden. Eine kurze Überlegung zeigt daß die Absorptionstechnik einen Anzug erfordern würde, der zu schwer und zu unförmig wäre um ihn tragen zu können, sowie daß er eine Möglichkeit zur Abführung der aufgenommenen Wärmeenergie haben müßte. Die vernünftigste Technik ist die Reflektion der Energie. Diese kann durch das Tragen eines festen metallischen Schutzes der, ähnlich wie die mittelalterlichen Rüstungen, den ganzen Körper umgibt, erreicht werden. Besser wäre ein Schutzanzug aus einem Stoff mit einer durchgehenden metallischen Beschichtung auf seiner Oberfläche. Die Stärke der Abschirmung durch Reflektion die ein solches Material erreicht, ist eine Funktion seiner eigenen Impedanz (Anmerkung des Übersetzers:

Widerstand für den Wechselstrom) im Verhältnis zu der Impedanz des einwirkenden Radiofrequenzfeldes. Je größer der Unterschied zwischen diesen beiden Impedanzwerten ist, desto mehr Radiofrequenzenergie wird reflektiert.
Um bei der Messung der Effektivität der Abschirmung auf der sicheren Seite zu sein sollte ein Radiofrequenzfeld verwendet werden, das im Vergleich zu einem Feld mit ebener Welle (Anmerkung des Übersetzers: also im Vergleich zu einem Fernfeld) eine niedrige Impedanz hat. Das kann im Labor durch eine Antennenschleife erreicht werden. Die Wellenimpedanz in der Nähe der Schleife ist sehr gering und nimmt mit der Entfernung von der Schleife zu bis sie, bei im Verhältnis zur Wellenlänge großen Entfernungen, 377 Ohm erreicht. Die Verwendung des Feldes in der Nähe der Schleife ermöglicht den härtesten Test der Effektivität der Abschirmung eines Materials.

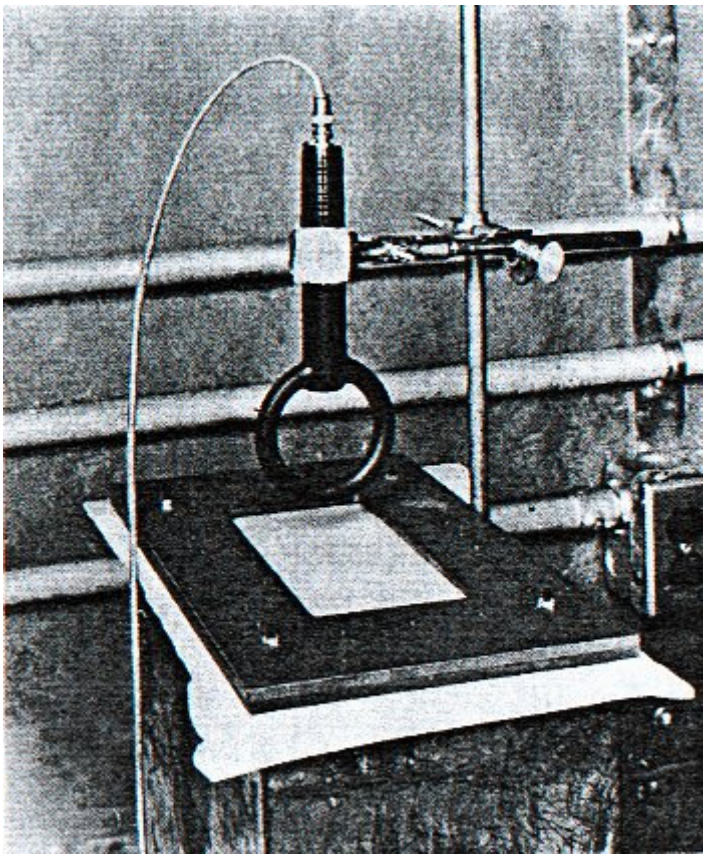


Bild 3

Ein weiterer wichtiger Punkt ist die vollständige Abschirmung. Es genügt nicht, eine Metallfläche zwischen die Strahlenquelle und die zu schützende Person zu bringen. Die Abschirmung muß den gesamten Körper der Person von Kopf bis Fuß und von Fingerspitze zu Fingerspitze umschließen. Außerdem darf es keine Unterbrechung in der Abschirmung geben. Auch größere Öffnungen für Kopf, Hände und Füße wie bei normaler Bekleidung dürfen nicht vorhanden sein. (...)

Materialien
Verschiedene Arten von metallisiertem Stoff wurden hergestellt und untersucht. Nach der Bewertung verschiedener Eigenschaften zeigten nur drei der Stoffe eine ausreichende Abschirmung in dem für sie vorgesehenen Frequenzband. Es handelte sich um leicht metallisiertes Nylon, stark metallisiertes Nylon und metallisierte schwere Marquisette (Anmerkung des Übersetzers: Gewebeart wie sie für Gardinen verwendet wird) die als Attenutex bekannt ist. Die Stärke der Abschirmung in Abhängigkeit von der Frequenz für diese Stoffe ist in Bild 4 wiedergegeben.

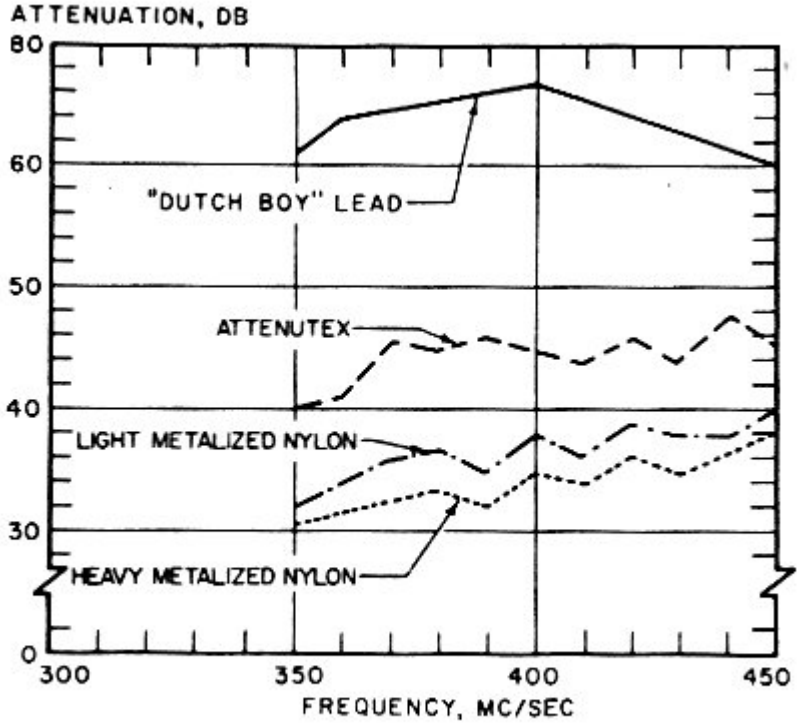


FIG. 4. Attenuation vs. frequency for several types of metalized cloths.

Man sieht, daß die besonders metallisierte schwere Marquisette den anderen Materialien überlegen ist und genauere Messungen ihrer Eigenschaften wurden durchgeführt. Messungen der Abschirmung wurden zwischen 0,1 und 1000 MHz mit einer, zwei und mit drei Lagen Attenutex durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Bild 5 wiedergegeben.

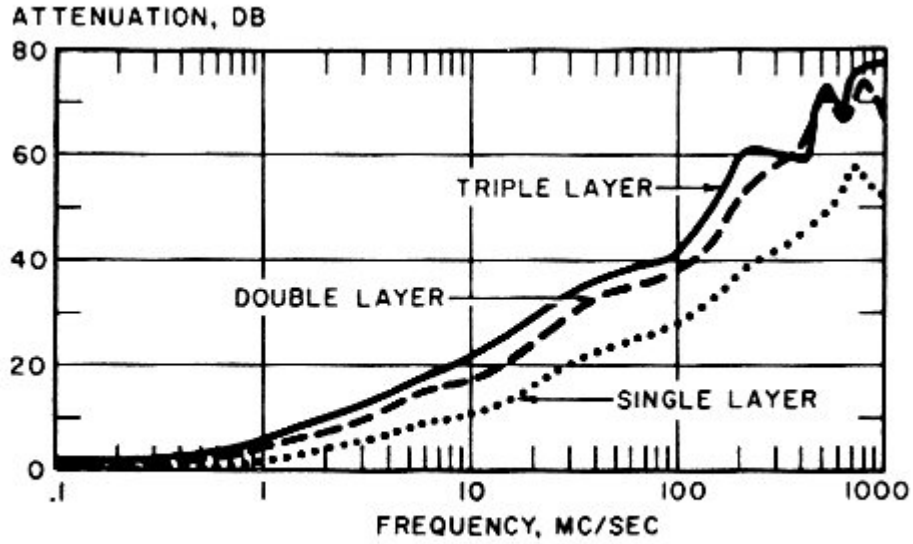


FIG. 5. Shielding effectiveness of one, two, and three layers of Attenutex.

Aus den Kurven lässt sich ablesen, daß die Abschirmung bei zwei Lagen Attenutex im Bereich zwischen 100 und 1000 MHz über 40 dB liegt.

Nähte
Der nächste Schritt war eine Naht herzustellen, die fest war und gleichzeitig eine elektrisch leitfähige Verbindung zwischen den verbundenen Stoffteilen erzielte. Nach umfangreichen Versuchen ergab sich, daß eine Doppelnaht, die nach bestimmten Vorgaben angefertigt wurde, die Fähigkeit zur Abschirmung von zusammengenähten Stoffbahnen garantierte. (...) Es zeigte sich daß die gewählte Naht ungefähr die gleiche Abschirmung ergab wie ein einzelnes durchgehendes Stück des Stoffes.

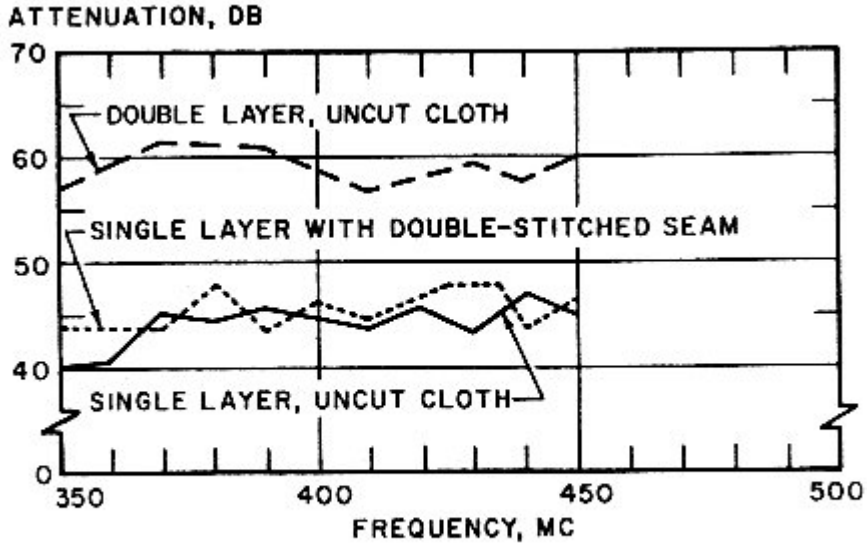


FIG. 6. Shielding effectiveness of Attenutex with and without seams.

Es ist interessant die verbesserte elektrische Eigenschaft einer Doppelnaht gegenüber einer einfachen Naht zu vergleichen. Das Material bestand aus einer anderen Art von Nylon Gewebe. (siehe Bild 7)

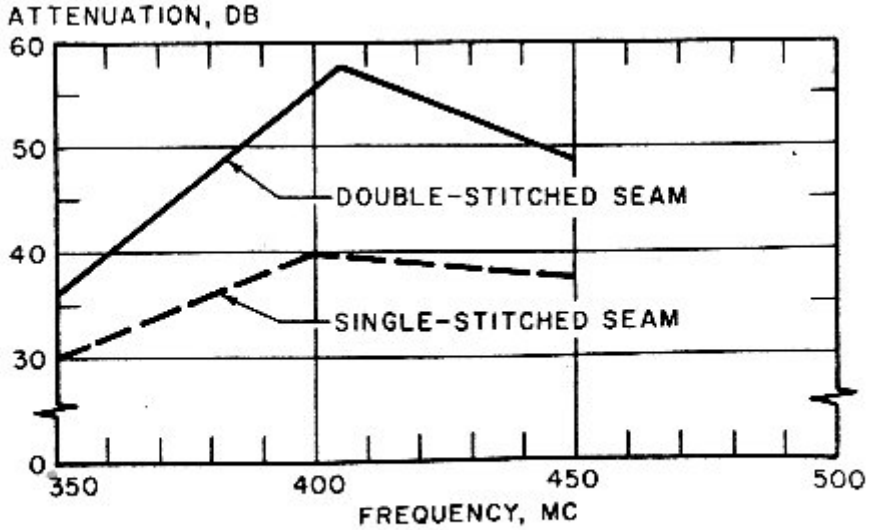


FIG. 7. Shielding effectiveness of double and single seams in nylon net material.

Die Doppelnaht ergab eine zwischen 5 und 15 dB bessere Abschirmung als die einfache Naht.

Einstiegsöffnung des Anzugs
(...) Die einzige praktikable Konstruktion des Anzuges schien ein einteiliger Aufbau mit einer einzigen Einstiegsöffnung zu sein. Diese Öffnung muss während des Tragens des Schutzanzuges geschlossen bleiben und einfach zu öffnen sein um den Anzug leicht ausziehen zu können. (...)
Der für den Radiofrequenzschutzanzug verwendete Verschluß sorgt für einen durchgehenden Kontakt der Oberflächen der beiden gegenüberliegenden Stoffhälften, passt sich flexibel den Körperbewegungen an und wird zur Zeit für die Patentanmeldung vorbereitet. Die Untersuchung der elektrischen Abschirmung des Verschlusses alleine ergab eine Dämpfung von mindestens 60 dB. (...)

Isolation gegen Hochspannung
In den beschriebenen Gebieten mit hoher Leistungsdichte bestehen im freien Raum elektrische Feldstärken von mehreren tausend Volt pro Meter. Da der Radiofrequenzschutzanzug metallisiertes Gewebe verwendet ist seine Leitfähigkeit bedeutend geringer als die von Metall alleine und so ist es wahrscheinlich, daß hohe Radiofrequenzspannungen zwischen verschiedenen Teilen des Schutzanzuges entstehen können. Selbst wenn der Anzug aus einem sehr guten elektrischen Leiter bestehen würde, ist es möglich, daß der Träger des Anzuges mit seinem Körper gleichzeitig mit zwei ansonsten elektrisch getrennten Metallteilen in Berührung kommt, die von dem Radiofrequenzfeld bestrahlt werden. Ein Beispiel ist die Arbeit an einem Rohr an der Decke während die Person auf einem Metallplattform steht. Wenn die Plattform und das Rohr nicht durch einen Leiter mit niedrigerer Impedanz im Radiofrequenzbereich miteinander verbunden sind, kann ein schwerer elektrischer Schlag durch den Anzug übertragen werden. Aus diesem Grund ist es wünschenswert den ganzen Anzug mit einem Überzug aus einem dielektrisch isolierenden Material zu überziehen.

Hochspannungsisolationsversuche wurden mit mehr als 50 Materialien durchgeführt, einige porös, andere undurchlässig. Es wurde entschieden, ein extra für diesen Zweck angefertigtes undurchlässiges Neopren beschichtetes Nylongewebe als äußerste Schicht des Schutzanzuges zu verwenden. Obwohl nur 0,009 Zoll dick, haben Versuche mit Hochspannung gezeigt, daß dieser Stoff gegen höhere Spannungen als die als Konstruktionsziel angesehenen 4000 Volt schützt. Mit dieser undurchlässigen Hülle findet der Luftaustausch zwischen dem Inneren und dem Äußeren des Anzuges durch einen Gesichtsschutz aus Drahtgeflecht statt, der die einzige Öffnung ist, wenn die Einstiegsöffnung des Anzuges geschlossen ist. (...)

Sicht
Die Sicht wird durch einen halbkreisförmigen Gesichtsschutz aus Drahtgeflecht vor den Augen ermöglicht. (...)
Messungen der Effektivität der Abschirmung wurden mit Maschendraht verschiedener Größe durchgeführt. Die Ergebnisse von drei dieser Versuche zeigt Bild 9. Wie man sieht ergibt Maschendraht mit mehr als ungefähr 18 Drähten pro Zoll (Anmerkung des Übersetzers: 1 Zoll = 2,54 cm) über 40 dB Dämpfung bei Frequenzen über 100 MHz. Für den Schutzanzug wurde ein Maschendraht mit 24 Kupferdrähten pro Zoll und einem Durchmesser von 0,014 Zoll gewählt. Die dadurch zusätzlich erreichte Dämpfung der Strahlung wird zum Schutz der Augen als sinnvoll angesehen.

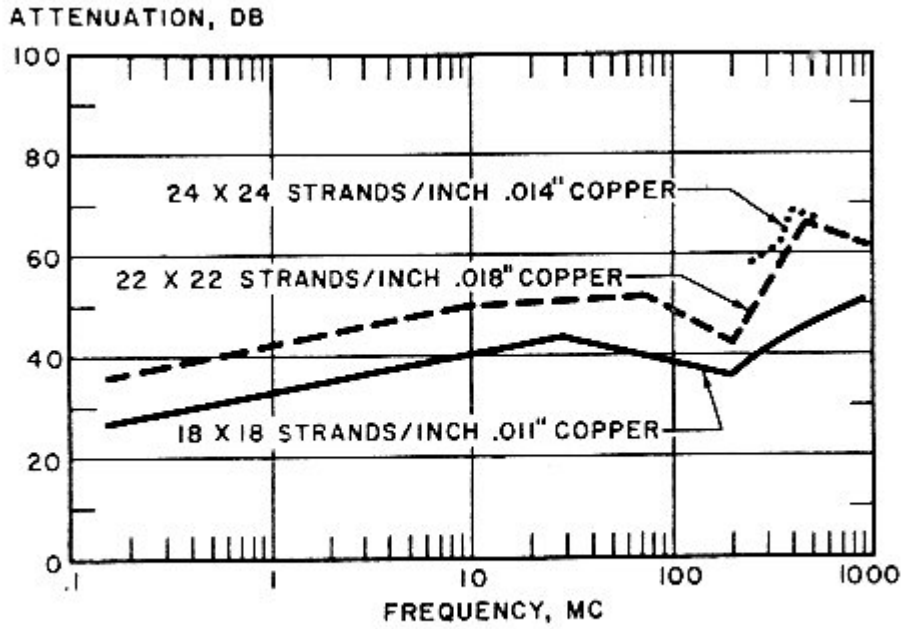


FIG. 9. Shielding effectiveness of wire screenings in a low-impedance field.

Die elektrische Verbindung zwischen den Lagen des abschirmenden Stoffes und dem Metalldrahtgeflecht wird durch rechteckige Metallrahmen und eine Neoprendichtung hergestellt. Eine Versuchsversion dieses Aufbaus wird in Bild 10 gezeigt.

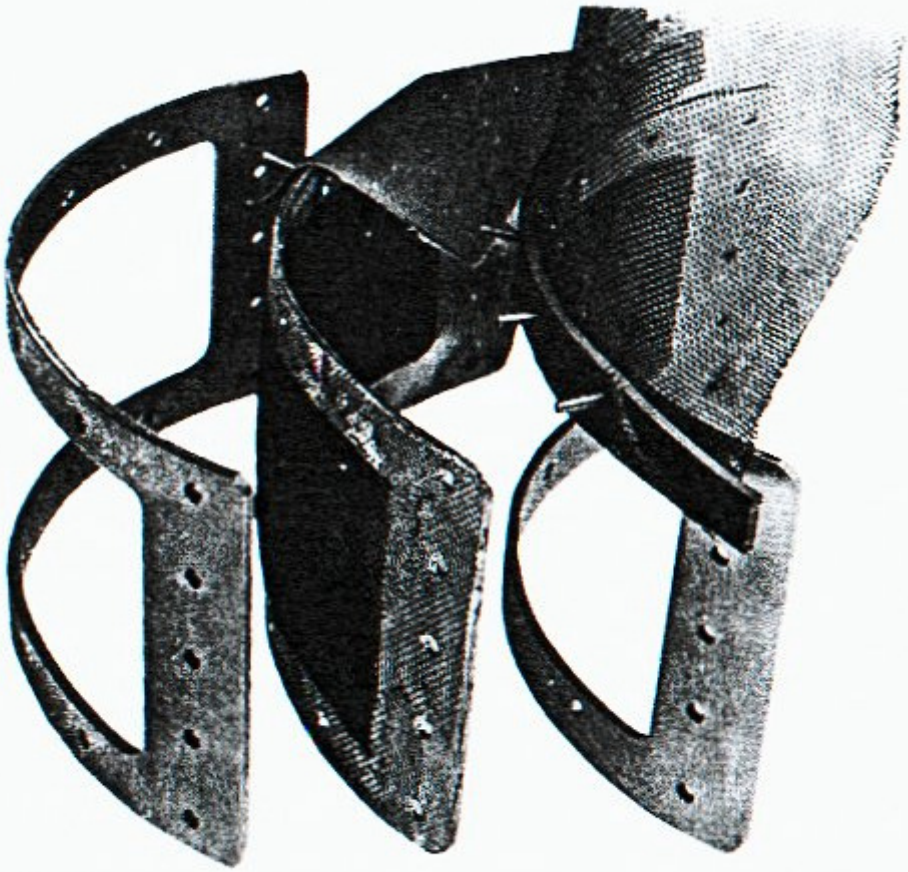


FIG. 10. Experimental version of screened eye-visor assembly.

Der Druck zwischen dem Rahmen des Drahtgeflechts und dem Stoff wird durch Metallschrauben mit einem Abstand von ungefähr 1 Zoll erreicht. In die Löcher im inneren Rahmen sind auf der inneren konkaven Seite an der Oberfläche Löcher eingearbeitet. In diese Löcher werden Dichtungen eingelegt, die die Löcher gegen Strahlenlecks abdichten. Die Löcher mit den Schrauben sind genaugenommen koaxiale Übertragungsleitungen, die Strahlung in die Maske leiten können. Die Dichtungen unterbinden diese Gefahr. Die Löcher in dem abschirmenden Stoff sind etwas kleiner als der Durchmesser der Schrauben, so daß ein guter Kontakt rund um die Schrauben hergestellt ist. Auch das verringert die Möglichkeit einer koaxialen Übertragung durch den Gesichtsschutz. (...)

Konstruktion des Schutzanzuges
Der gegenwärtige Schutzanzug besteht aus mehreren Materiallagen. Die äußere Lage ist ein mit Neopren überzogenes Nylon zur elektrischen Isolation und zum Schutz vor Abrieb. Die zwei folgenden Schichten bestehen aus Attenutex Gewebe zur Abschirmung. Eine dritte Lage dieses Stoffes wurde zur Verstärkung unter und um die Füße herum genäht. Die innerste Lage besteht aus einem starken und dicken Baumwollstoff. Jede einzelne Lage für sich ist ein eigener Anzug und sie alle sind an bestimmten Punkten zur Verstärkung zusammengeheftet. Den Radiofrequenzschutzanzug zeigt Bild 11; er wiegt ohne die Stiefel etwas unter 10 lb (Anmerkung des Übersetzers : ca. 4,5 kg). Bei warmem Wetter brauchen die gezeigten Arktisstiefel nicht getragen werden. (...)

Test des Schutzanzuges
Die Effektivität der Abschirmung eines vollständigen Schutzanzuges wurde bei niedriger Leistungsdichte gemessen. Die Ergebnisse zeigen, daß die Abschirmung an keiner Stelle geringer als 45 dB und an 9 Stellen größer als 50 dB war. Es sei daran erinnert, daß die Messungen mit einem Feld niedriger Impedanz durchgeführt wurde und daß man erwarten kann, daß die Abschirmung bei ebenen Wellenfronten (Anmerkung des Übersetzers: Also im Fernfeld der Antenne) noch größer ist.

Schlussfolgerung
Ein geplantes Konstruktions- und Entwicklungsprogramm hat zur Produktion eines Radiofrequenzschutzanzuges geführt. Dieser Anzug kann zum sicheren Schutz in einem elektromagnetischen Feld getragen werden dessen Leistungsdichte zehntausend mal stärker ist als der zur Zeit gültige Grenzwert. Der Anzug ermöglich vollständig freie Bewegung ohne Einschränkung der Sicht. Er ist konstruiert worden um schweren mechanischen und Umweltprüfungen zu widerstehen. Diese Prüfungen haben gezeigt, daß der Anzug sehr stabil und in der Lage ist, seine Schutzfunktion aufrecht zu erhalten, ohne Mobilität und Handlungsfähigkeit einzuschränken.

Literaturangaben:
Filtron Company, Inc.
Power density Levels in the Region Between the BMEWS Detection Radar Reflector and Scanner Building
Report No. TM-1063-14, 10. November 1958 (Secret)

Harley, J.
Garments for RF Protection of Personnel in High-Power-Density Environments
Filtron Company, Inc., Report No. TM-1063-22, 13. March 1959 (Secret)

Eye Protection in Radar Fields, W.G. Egan. In: Electrical Engineering, Februar 1957, S. 126f, (London)

Schutz der Augen in Radarfeldern

(...) Gute elektrische Leitfähigkeit ist die Voraussetzung für eine Abschirmung von Mikrowellen wobei diese Eigenschaft sich im allgemeinen mit guter Lichtdurchlässigkeit und anderen psychologischen und körperlichen Faktoren, die bei der Anwendung von Schutzbrillen berücksichtigt werden müssen, schwer vereinbaren lässt. Tabelle 1 zeigt auch, daß die Resultate (der Abschirmung von Mikrowellen) sehr von der Frequenz (der Strahlung) und der Dicke des verwendeten Materials abhängt. Bei höheren Frequenzen ist die Abschirmung der dünnen Beschichtung im allgemeinen besser. Je dicker die Beschichtung, desto besser die Abschirmung, denn die Leitfähigkeit der Beschichtung ist dann größer. Im allgemeinen setzen dünne Schichten der Bestrahlung wegen der Oberflächeneffekte nicht den gleichen Widerstand beziehungsweise die gleiche Abschirmung pro Volumen entgegen wie dickere Schichten des gleichen Metalls. Die Mikrowellendämpfung ist die Folge von Reflektion und Absorption von Mikrowellenenergie durch die verschiedenen Materialien. (...)

Maschendraht hat eine beschränkte Mikrowellendämpfung. (...)

Als praktikabelste Methode der Abschirmung wurde die Verwendung einer aufgedampften Goldschicht gefunden. Die Lichtdurchlässigkeit für zwei verschieden dicke Goldbeschichtungen ist in Bild 1 wiedergegeben. Eine praktikable Schutzbrille würde goldbeschichtete Linsen und einen Schutz aus Maschendraht an den Seite haben. Die Lichtdurchlässigkeit von 3,2 Prozent ist für die Verwendung im Freien nicht zu gering und reicht auch in gut beleuchteten Räumen aus, vorausgesetzt, die grünlich blaue Färbung durch den Goldfilm wird akzeptiert. (...)

Tabelle 1. Mikrowellen- und optische Eigenschaften verschiedener Materialien

Material	**Durchlässigkeit für Mikrowellen in Prozent**			**Optische Durchlässigkeit Prozent**
	5,9 GHz	**9,7 GHz**	**18,8 GHz**	
Goldschicht ungefähr 11 Nanometer auf Kunststoff (300 Ohm pro Quadrat)(?)	23	10	0,8	49
Goldschicht ungefähr 30 Nanometer auf Kunststoff (12 Ohm pro Quadrat) (?)	0,16	0,1	0,01	24
Goldschicht ungefähr 75 Nanometer auf Glas (1,5 Ohm pro Quadrat) (?)	0,04	0,01	0,004	3,2
Kupfer Maschendraht (20 pro Zoll)	0,1	0,2	0,2	50
Kupfer Maschendraht (8 pro Zoll)	1,0	1,3	2,5	60

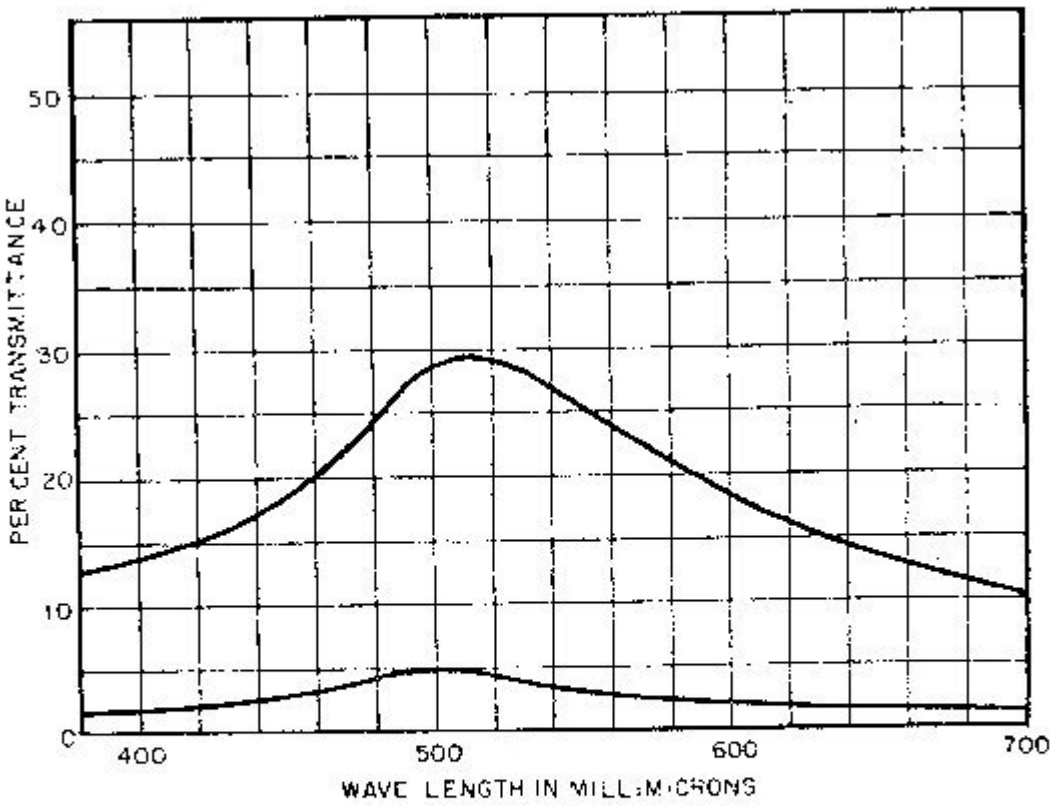


Fig. 1. Spectrophotometric curves. The upper curve is for 30mμ evaporated gold film on plastic, 24 per cent transmittance, corrected for visual response; the lower curve is for 75mμ evaporated gold film on glass spectacle lens, 3.2 per cent transmittance, corrected for visual response.

Bild 1
(...)

Radiofrequenzhören

Bereits aus der Zeit des 2. Weltkrieges gibt es Berichte von Radartechnikern, daß sie das Radar hören konnten. In den 60er Jahren wurden die grundsätzlichen Bedingungen für das Zustandekommen des Radiofrequenzhörens veröffentlicht. Von Bedeutung ist die Frequenz des verwendeten Signals, die Anstiegzeit des Pulses, seine Länge und die Pulswiederholrate. Es wurden auch Untersuchungen darüber angestellt, wie man diese Forschungsergebnisse zur Kommunikation verwenden kann. Ein einfacher Versuch besteht darin, den Sender nach dem Morsealphabet ein und auszuschalten. Auch die direkte Übertragung von Sprache ist möglich wenn der Sender entsprechend moduliert wird (siehe „Microwaves and Behavior“, Kapitel „Waffen“).

Diese beiden Versuche werden auch von J. C. Lin in Microwave Auditory Effects and Applications, Seite 175/176 beschrieben:
"Eine dritte medizinische Anwendung die zu neu ist um sie vollständig bewerten zu können, ist die mögliche Verwendung von pulsmodulierten Mikrowellen für Sprachkommunikation. Während der Versuche zur Dokumentation von durch Mikrowellen hervorgerufenen Höreffekten haben Guy et al. festgestellt, daß kurze Serien von Rechteckmikrowellenpulsen als Zirpen gehört werden, wobei die jeweilige Tönhöhe des Zirpens von der Pulswiederholrate abhängt. (...) Es wurde auch festgestellt, daß wenn der Pulsgenerator von Hand bedient wurde - so daß jedes Schließen und Öffnen eines Schalters zur Aussendung eines Rechteckpulses der Mikrowellenenergie führte - gesendete digitale Codes (Anmerkung des Übersetzers: Es wurde der Morsecode verwendet, eine genauere Beschreibung findet sich in Microwaves and Behaviour) von der bestrahlten Person gehört und verstanden werden konnten.

Direkte Sprachkommunikation mit Hilfe entsprechender Modulation der Mikrowellenenergie wurde von Sharp und Grove gezeigt. Sie nahmen jedes der einsilbigen Worte für die Zahlen von eins bis zehn auf Band auf. Die akustische Wellenform jedes Wortes wurde dann so in digitale Signale umgewandelt, daß jedes Mal wenn das analoge akustische Signal der Sprache die Nulllinie in Richtung des negativen Wertes, also nach unten überquerte, von dem Sender ein kurzer Mikrowellenimpuls abgestrahlt wurde. Sharp und Grove berichteten darüber, daß sie in der Lage waren die verwendeten Wörter zu hören, zu unterscheiden und zu verstehen, wenn sie sich mit der "sprachmodulierten" Mikrowellenenergie bestrahlten. Die Übertragung von komplexeren Wörtern und ganzen Sätzen wurde nicht versucht weil die durchschnittliche Leistung die zu ihrer Übertragung benötigt würde die gegenwärtige Empfehlung für den Grenzwert von 10 mW pro Quadratzentimeter überschritten hätte. Die Möglichkeit mit Hilfe von gepulsten Mikrowellen direkt mit Personen zu kommunizieren ist offensichtlich nicht auf den Bereich der Medizin beschränkt."

Hörgeräte die auf dem Radiofrequenzhören beruhen sind schon gebaut worden (siehe „Electronics and Brain Control“, Kapitel „Waffen“). Über den genauen Mechanismus gehen die Meinungen der Veröffentlichungen auseinander. Oft wird geschrieben, daß das Radiofrequenzhören durch minimale Ausdehnung von Gewebe auf Grund von Erwärmung durch den Radiofrequenzpuls entsteht, wobei die Erwärmung so schnell vor sich geht, daß die entstehenden Schwingungen im Bereich der akustischen Schallwellen liegen und damit bei entsprechender Stärke hörbar sind. Allerdings gibt es eine zweite Theorie, nach der die Nervenzellen des Gehörs die gepulste Radiofrequenzstrahlung direkt wahrnehmen können, da sie von den Nerven gleichgerichtet wird:

"Nichtlineare Elemente können auch die Detektion (Anmerkung des Übersetzers: Gleichrichtung) eines modulierten Signals hervorrufen, so daß die niederfrequente Komponente erscheint. Wir können dadurch die Beobachtung von Frey erklären, der über die Fähigkeit von Personen (auch von Tauben!) berichtet, einen pulsmodulierte Sender zu hören."
Aus: Electromagnetic Fields and the Life Environment Marha, Karel; Musil, Jan; Tuhá, Hana, San Francisco 1971 (S.47ff).
Einen Teil dieses Buches finden sie in der Übersetzung auf dieser Internetseite. („Wirkung auf den Körper von Menschen und anderen Wirbeltieren“ und „Mechanismus der Wirkung“ bei den Wissenschaftlichen Veröffentlichungen im Kapitel „Waffen“)

Auch andere Veröffentlichungen auf dieser Seite bestätigen diesen Wirkungsmechanismus. Es sollte eigentlich kein Problem sein mit Hilfe eines Körperschallmikrofons nachzuprüfen, ob im Kopf beim Radiofrequenzhören Körperschall entsteht. Da aber große Bereiche vor allem der naturwissenschaftlichen Forschung unter massivem politischem Druck stehen, herrscht auf diesem

Gebiet null Toleranz. Man sollte in diesem Zusammenhang nicht vergessen, daß in den 1990 angeschlossenen Gebieten in kurzer Zeit 100 000 Forscher abgeschaltet worden sind. Da fällt der Einzelfall nicht ins Gewicht...

Der für das Radiofrequenzhören verwendbare Frequenzbereich reicht am unteren Ende mindestens bis 200 MHz, also bis in den UKW Bereich. In diesem Bereich durchdringen die elektromagnetischen Wellen noch relativ gut Wände und nicht zu massive Abschirmungen, so daß es möglich ist, selbst in Kellern UKW Sender zu empfangen, wenn sie nicht sehr schwach sind. Das bedeutet natürlich auch, daß das Radiofrequenzhören bei Verwendung niedriger Trägerfrequenzen entsprechen schwierig abzuschirmen ist und, wie sich gezeigt hat zumindest einige Meter trockenen Sand hinter einer Ziegelmauer auf mehrere hundert Meter mit einem tragbaren Gerät durchdringen kann. Diese Technologie der Kommunikation wird heute vom Staat, insbesondere von den Geheimdiensten verwendet (sihe „Die Waffe gegen die Kritik“, Kapitel „Waffen“).

Um Kommunikation in beiden Richtungen zu ermöglichen wird dazu der betreffende Mitarbeiter mit Hilfe der Radartechnik abgehört („Abhören und Überwachung mit Radartechnik“, Kapitel „Radar“). Auch wenn es mehrere Informationen gibt, daß die Qualität des Radarhörens bei Sprachübertragung schlechter als das akustische Hören ist, so kann man doch davon ausgehen, daß in Jahrzehnten der Forschung ein einigermaßen befriedigendes Ergebnis erzielt worden ist.

Two types of microwave auditory effects and their possible mechanisms
E.P. Khizhnyak; V.V. Shorokhov; V.V. Tyazhelov
In: Ondes Electromagnetiques et Biologie / Electromagnetic Waves and Biology
3ème Symposium International, URSI, Jouy en Josas 1980

Zwei Arten von Mikrowellenhöreffekten und deren mögliche Mechanismen

Ein Mikrowellenhöreffekt (RF Ton) kann beobachtet werden, wenn ein menschlicher Kopf gepulster Mikrowellenstrahlung ausgesetzt ist. Die Wahrnehmung des RF Tons ist am deutlichsten, wenn die Pulwiederholrate im Bereich der hörbaren Frequenzen liegt (1-6 KHz; 9-13 KHz), und der hörbare Ton ähnelt einem "Tinitus" (Anmerkung des Übersetzers: Wobei Tinitus die beiden Ohren unabhängig voneinander betrifft, so daß nur in einem Ohr, oder aber in beiden Ohren, dann aber in unterschiedlicher Weise Ohrgeräusche auftreten. Im Gegensatz dazu wird der Radiofrequenzton in beiden Ohren absolut gleichmäßig wahrgenommen, außer vielleicht bei Personen mit stark unterschiedlicher Hörempfindlichkeit für die beiden Ohren. Außerdem kann nicht angegeben werden, in welcher Richtung oder an welchem Ort der Ton entsteht). Dieser Effekt ist gut reproduzierbar und es gibt auf diesem Gebiet viele Veröffentlichungen. Aber es gibt keine einheitliche Meinung über den Wirkungsmechanismus dieses Effektes.

Die Theorie von J. Lin und A. Guy erklärt den Effekt durch Vibration des Gewebes des Kopfes die durch Wärmeausdehnung dieses Gewebes während des Strahlungspulses verursacht wird. Diese Theorie ist am besten ausgearbeitet und am beliebtesten. Aber einige Versuchsdaten wiedersprechen dieser Theorie. Aus diesem Grund hat A. Frey mit Hilfe der holographischen Methode gezeigt, daß die Amplitude der Bewegungen des Gewebes zu gering ist um hörbar zu sein (Anmerkung des Übersetzers: Die im Text angegebene Literaturangabe, URSI Tagung 1976 bietet nur eine sehr kurze Zusammenfassung. Eine ausführliche Beschreibung des Versuchs findet sich in der Science vom Oktober 1979, siehe folgenden Beitrag „Holographic Assessment of a Hypothesized Microwave Hearing Mechanism“)

Auch einige psychophysikalische Besonderheiten dieses Effektes widersprechen Lins Theorie. Wir haben bereits früher vermutet, daß eine Person die einem Radiofrequenzton ausgesetzt ist, nur einen Teil des Spektrums der Radiofrequenzenergie zwischen 8 KHz und der oberen Grenze der hörbaren Tonfrequenz dieser Person wahrnehmen kann. Diese Vermutung wurde durch eine Reihe von Versuchsergebnissen bestätigt. So zum Beispiel durch die Abhängigkeit des unteren Schwellenwertes für das Radiofrequenzhören von der Pulwiederholrate (Bild 1) und der Pulsdauer (Bild 2) sowie durch die Tatsache, daß Personen deren obere Grenze der hörbaren Tonfrequenz unterhalb 8 - 9 KHz liegt, keinen Radiofrequenzton hören können.

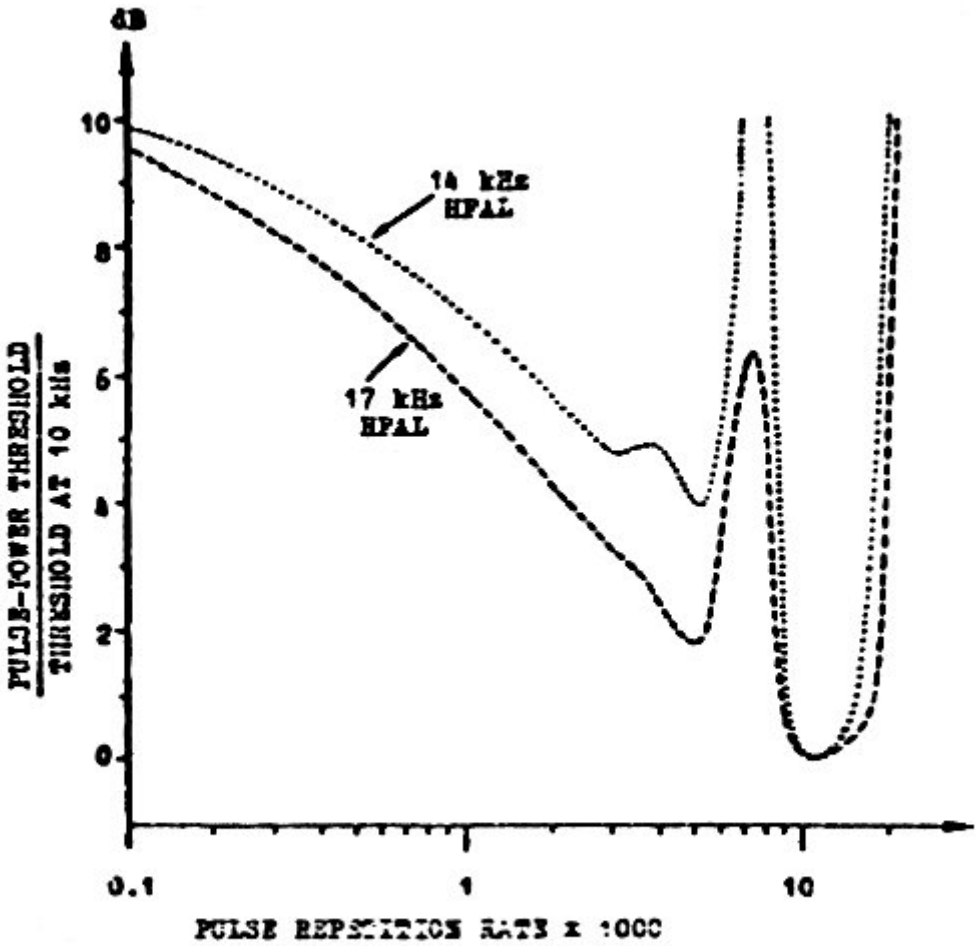


Fig.1. RF sound threshold versus pulse-repetition rate. Pulse duration is 10 μsec.

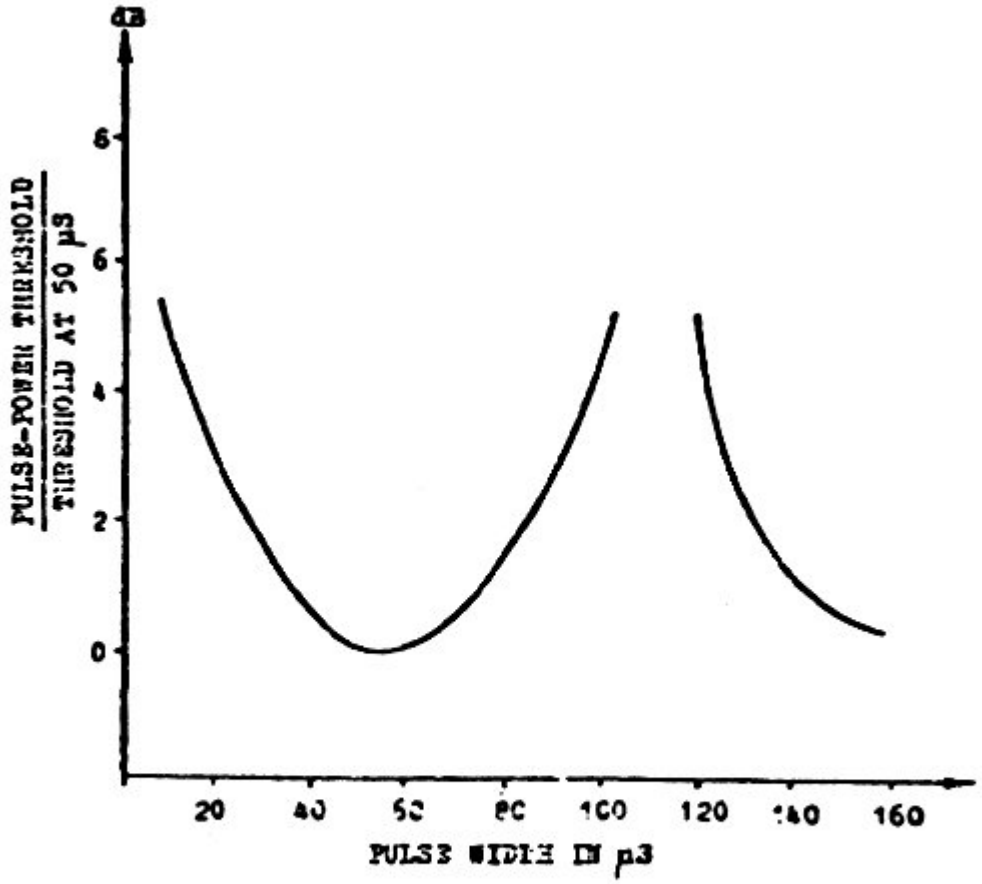


Fig.2. RF sound threshold versus pulse duration PRR is 800 Hz (from |3|).

Die Möglichkeit den hörbaren Radiofrequenzton durch die Überlagerung einer akustischen Sinuswelle auszulöschen ermöglichte uns die Tatsache nachzuweisen, daß die empfundene Lautstärke der 5 KHz Oberwelle des Spektrums im Vergleich zu der 10 KHz Oberwelle um mindestens 20 dB reduziert wird. Die thermoelastische Theorie von J. Lin kann dieses Ergebnis nicht erklären. Obendrein blieb die Höhe und die Charakteristik des Radiofrequenztones gleich wenn die Versuchsperson ihren Kopf unter Wasser hielt. Und das obwohl das Untertauchen des Kopfes zu bedeutenden Veränderungen der akustischen und elektrodynamischen Resonanzeigenschaften des Kopfes (verursacht durch Änderungen der Schichtübergänge) führt. Wenn Lins Theorie den Tatsachen entspräche, würden diese Änderungen einen Einfluß auf Höhe und Charakteristik des gehörten Radiofrequenztones haben.

Wenn die Dauer des Mikrowellenpulses auf 110 Mikrosekunden ansteigt (Pulswiederholrate 1 KHz) verringert sich die empfundene Lautstärke des Radiofrequenztones. Bei Pulslängen um 110 Mikrosekunden kommt es bei den meisten Versuchspersonen zu starken Änderungen in der Charakteristik des Radiofrequenztones. Subjektiv hat der Radiofrequenzton bei diesen Pulslängen im allgemeinen eine geringere Tonhöhe und es scheint, daß er von einem anderen Ort im Raum ausgeht als der "normale" Radiofrequenzton (mit viel geringerer Pulslänge). Wenn die Pulslänge ständig zwischen 110 Mikrosekunden und 50-60 Mikrosekunden wechselt hört die Versuchsperson zwei verschiedene Radiofrequenztöne gleichzeitig (einen hohen Ton und den anderen verhältnismäßig niedrigen Ton). Aber eine kurze Unterbrechung der Bestrahlung genügt um das Hören des Tones mit der niedrigeren Frequenz zu beenden.

Diese Tatsachen erlauben uns anzunehmen, daß es zwei Arten von Radiofrequenztönen gibt:
- Der hochfrequente Ton, der bei einer Pulslänge von 110 Mikrosekunden seine geringste Stärke hat und weitere Minima bei Pulslängen haben könnte die durch 110 teilbar sind.
- Der niederfrequente Ton der unter normalen Bedingungen durch den hochfrequenten Ton überdeckt

wird und sich nur zeigt, wenn der hochfrequente Ton seine geringste Stärke angenommen hat. (Anmerkung des Übersetzers: Unabhängig von diesen beiden beschriebenen Tonhöhen wird der üblicherweise hörbare Radiofrequenzton auch durch die Pulswiederholrate in seiner Höhe beeinflusst. So ergibt eine Pulswiederholrate von 2000 Pulsen pro Sekunde einen relativ niederfrequenten Radiofrequenzton währen eine Pulswiederholrate von 10 000 Pulsen pro Sekunde natürlich einen hochfrequenten Radiofrequenzton verursacht.)

Der Radiofrequenzton mit der geringeren Frequenz kann von Personen gehört werden, die den hochfrequenten Ton nicht wahrnehmen, aber solche Personen benötigen zum Hören eine sehr viel höhere Mindestleistung. Die Besonderheiten des oben beschriebenen Radiofrequenzhörens zeigen, daß die Theorie der thermoelastischen Ausdehnung nur den niederfrequenten Anteil des Radiofrequenztones erklären kann.

Während des Versuchs die möglichen Mechanismen des hochfrequenten Radiofrequenzhörens zu beschreiben erstellten wir ein mathematisches Modell auf der Grundlage von Ackermans "Volley Theorie". Nach dieser Theorie kann die allgemeine Aktivität einer Gruppe von spontan aktiven Zellen, wenn sie von irgendeinem äußeren Faktor beeinflusst wird, vorrübergehend auf diesen Einfluß reagieren, vorausgesetzt dieser Einfluß verändert bestimmte Parameter einiger Zellen der Zellgruppe (zum Beispiel die durchschnittliche Frequenz des "Feuerns" der Zelle). Die Frequenzanteile dieser Reaktion können deutlich höher liegen als die durchschnittliche Frequenz des Feuerns der Zellen. So können die Anteile der hohen Frequenz als Folge des (Anmerkung des Übersetzers: aus dem kurzen und dem langen Puls) zusammengesetzten Radiofreqenzsignals sich als die dem Gesamtsignal der Zellgruppe eigene Komponente darstellen.

Wir haben vorgeschlagen, daß im hier besprochenen Fall die Gruppe der Zellen des Corti-Organs in der Gehörschnecke, die gegenüber äußeren Einflüssen sehr empfindlich sind auch von der gepulsten Mikrowellenstrahlung beeinflusst wird. Als Beweise für diesen Vorschlag können Versuchsergebnisse über die sich kurzzeitig ändernde Durchlässigkeit von Modellen biologischer Membranen bei Mikrowellenbestrahlung, sowie die Daten über die Änderung der durchschnittlichen Pulsrate isolierter Froschherzen bei Mikrowellenbestrahlung zu bestimmten Zeitpunkten im Herzzyklus angesehen werden. (Anmerkung des Übersetzers: siehe auch “Pulse modulated HF energy illumination of the heart associated with change in heart rate” Kapitel “Waffen-Wissenschaftliche Veröffentlichungen”)

Unser Gesamtmodell bestand aus identischen mathematischen Modellen einer spontan aktiven Zelle die die grundsätzlichen Eigenschaften einer realen Zelle hatten und die ihre durchschnittliche Feuerrate (um nicht mehr als 10 Prozent) änderten wenn sie in bestimmten Phasen ihrer Funktion mit gepulsten Mikrowellen bestrahlt wurden. Die Gruppe der mathematischen Modellzellen bestand aus 40 000 Einzelelementen. Die Aktivität jedes einzelnen Elements war unabhängig von der Aktivität der anderen Elemente. Dann wurde die gemeinsame Aktivität des Gesamtmodells berechnet. Die Ergebnisse dieser Berechnungen (Kurven 1-3 in Bild 3) stimmen Qualitativ mit den Ergebnissen von Untersuchungen der Reaktionen verschiedener aktiver Strukturen auf Bestrahlung mit einzelnen Radiofrequenzpulsen überein (Kurven 4 und 5 aus: Frey, „Brain stem evoked responses associated with low intensity pulsed UHF energy“ (Anmerkung des Übersetzters: siehe Kapitel „Waffen-Wissenschaftliche Veröffentlichungen“. Dort die Kurven 5 und 6 in Bild 5) und Kurve 6 aus: J.C.Lin: Microwave Auditory Effects and Applications, Springfield 1978 (siehe „Waffen“).

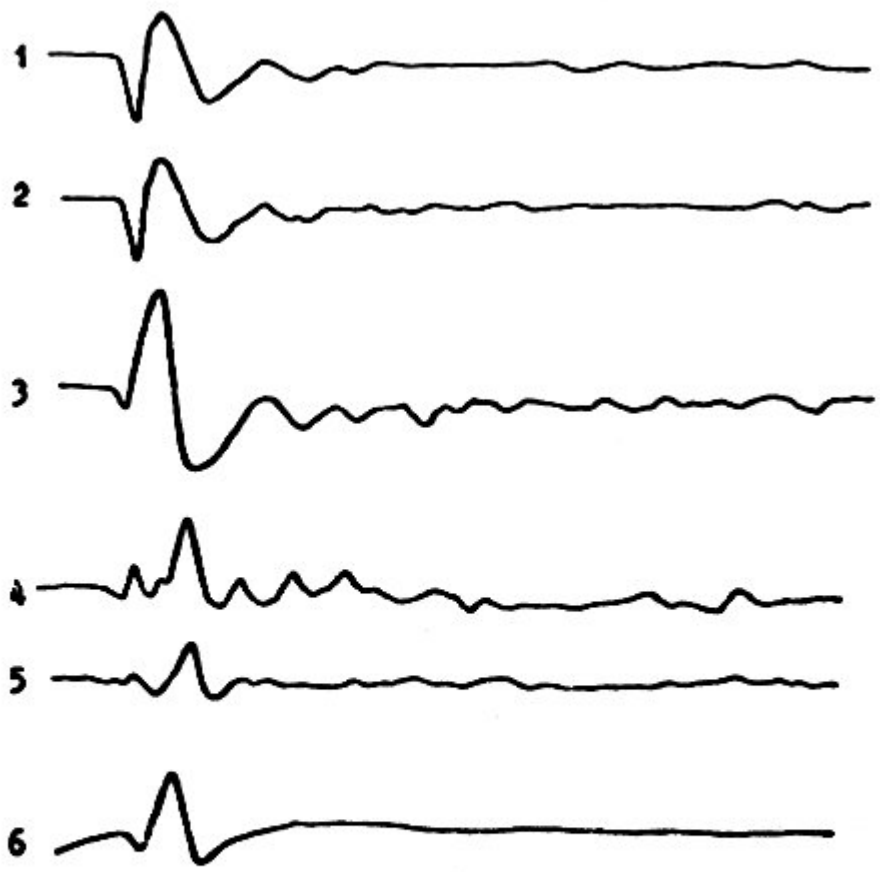


Fig.3. Integral responses of the pool of spontaneously active cells to single microwave pulse. Expanations in the text.

Wir hoffen, daß dieses Modell als Grundlage für die weitere Aufklärung des Mechanismus des hochfrequenteren Anteils des Radiofrequenzhörens verwendet werden kann.

Holographic Assessment of a Hypothesized Microwave Hearing Mechanism
Allen H. Frey; Elaine Coren
In: Science, vol. 206, October 1979, pp 232-234

Holographische Bewertung eines vorgeschlagenen Entstehungsmechanismus für das Hören von Mikrowellen

Zusammenfassung
Bestrahlung des Kopfes mit pulsmodulierten Mikrowellen verursacht die Wahrnehmung eines Geräusches. Es wurde die Hypothese aufgestellt, daß die elektromagnetische Energie im Schädel in akustische umgewandelt und diese dann durch den Knochen weitergeleitet wird. Dynamische zeitgemittelte interferometrische Holographie hat gezeigt, daß die vorhergesagte Bewegung des Kopfgewebes nicht stattfand. Ein alternativer Entstehungsort für diesen Höreffekt wird vorgeschlagen.

Eine Person die pulsmodulierter Mikrowellenenergie ausgesetzt ist kann den Effekt des Mikrowellenhörens als ein Geräusch wahrnehmen, zum Beispiel als Summen. Der Mechanismus für diese Wahrnehmung ist unbekannt, auch wenn es nicht scheint, daß sie im Gehirn entsteht.
Foster und Finch sowie Chou et al. sind zu der Schlussfolgerung gekommen, daß die elektromagnetische Energie durch thermoakustische Ausdehnung im Muskel oder Knochen des Schädels in akustische umgewandelt wird. Bei dem von ihnen vorgeschlagenen Mechanismus würde die thermoakustische Ausdehnung akustische Wellen hervorrufen, die durch Fortleitung im Knochen zum Trommelfell und ins Mittelohr gelangen. (...)
Die Hypothese der thermoakustischen Ausdehnung und Weiterleitung durch den Knochen ist attraktiv wegen ihrer offensichtlichen Einfachheit und weil sie auf einem gut bekannten physikalischen Vorgang beruht. (...)

In dem hier beschriebenen Versuch haben wir durch die Verwendung von dynamischer zeitgemittelter interferometrischer Holographie versucht, die vorhergesagte Bewegung in Haaren, Haut, Muskel, Knochen und Gehirn von Ratte und Meerschweinchen zu finden. Dieses anerkannte zerstörungsfreie Untersuchungsverfahren wird üblicherweise in der Erforschung akustischer Wellen in Materialien verwendet. (...)

Die Technik der dynamischen zeitgemittelten interferometrischen Holographie besteht darin, eine einzige holographische Aufzeichnung eines Gegenstandes zu machen, in dem Schwingungsbewegungen hervorgerufen wurden. Dazu muß die Aufzeichnungszeit für das Hologramm im Vergleich zu der Periode der Schwingung lang sein. Das Hologramm speichert effektiv eine Anordnung von Daten, die den zeitlichen Durchschnitt aller Positionen des vibrierenden Gegenstandes repräsentiert. An den Stellen an denen die Bewegung des Objektes den Wert null hat, ist das rekonstruierte Bild am hellsten. Stellen des Gegenstandes die in Bewegung sind, sind im holographischen Bild dunkel oder schwarz. Diese Technik liefert Informationen über die Stärke von Schwingungen und über die Orte der stärksten Schwingungen. Sie ist bei nicht sinusförmigen Bewegungen anwendbar. Die Empfindlichkeit für Bewegungen beträgt 0,06 Mikrometer. (...)

Das Tier wurde mit dem Bauch auf eine Oberfläche aus Eccosorb FR-340 Absorptionsmaterial für Mikrowellenenergie gelegt, die sich auf einem Sperrholztisch befand. Dieser Tisch war so konstruiert, daß er schwingungsfrei war. Bei einigen Versuchen wurde das Material zur Mikrowellenabsorption durch einen Zementblock ersetzt. Die Mikrowellenergie wurde von einem gepulsten Triodensender geliefert und mit Hilfe eines Hornstrahlers, der sich über dem Tisch befand, in Richtung auf die Oberfläche des Tisches abgestrahlt. (...)
Die kodierten Hologramme wurden von zwei Personen ausgewertet, die nicht über die Versuchsbedingungen der jeweiligen Aufnahme informiert waren. (...)

Zwei Reihen von physiologischen Untersuchungen wurden durchgeführt, die eine mit Meerschweinchen, die andere mit Ratten. Die Tiere wurden nicht gleichzeitig sondern eins nach dem andern verwendet, wobei jeweils auch Kontrollaufnahmen des gleichen Tieres gemacht wurden. Wegen der Empfindlichkeit des holographischen Messverfahrens wurde allen Tieren eine Überdosis Natriumpentobarbital in die Bauchhöhle gespritzt und die Haare an der untersuchten Stelle entfernt.

Der Versuch begann sofort nachdem kein Herzschlag und keine Atmung mehr festgestellt werden konnte.

Bei jedem Tier wurde eine Serie von 30 holographischen Aufnahmen gemacht. Die Hälfte dieser Aufnahmen fand während der Bestrahlung mit Mikrowellenenergie statt. Die andere Hälfte wurde bei Scheinbestrahlungen durchgeführt, bei denen alle Geräte eingeschaltet waren, aber keine Leistung abgestrahlt wurde. Sechs Aufnahmen wurden vom Kopfbereich des Tieres gemacht, wobei die Haare an der Rückseite des Kopfes und in der Nähe der linken Ohrmuschel entfernt worden waren. Auf diese Weise konnten sowohl die Haut als auch die Haare untersucht werden. Drei der zeitgemittelten Holographien wurden während der Scheinbestrahlung und drei während der tatsächlichen Bestrahlung mit Mikrowellenenergie aufgenommen. Bestrahlung und Scheinbestrahlung wechselten sich jeweils ab. Die Haut der Rückseite des Kopfes und die Ohrmuschel wurden entfernt und sechs holographische Aufnahmen der Muskulatur gemacht. Das Muskelgewebe an der Rückseite des Kopfes und hinter dem Ohr wurde entfernt und es wurden sechs holographische Aufnahmen des Schädels gemacht. Die Rückseite des Schädels wurde entfernt und sechs holographische Aufnahmen des Gehirns wurden gemacht. Die letzten sechs holographischen Aufnahmen wurden nach der Entfernung des Gehirns aus dem Schädel vom Boden des Hohlraumes (...) gemacht.

In Versuch 1 wurden zehn Sprague-Dawley Ratten (350 bis 400 g) verwendet. Die Trägerfrequenz der Mikrowellenenergie betrug 1,275 GHz, die Pulslänge 25 Mikrosekunden und die Pulswiderholrate 50 Pulse pro Sekunde. Die einfallende Spitzenleistung betrug 1700 Milliwatt pro Quadratzentimeter. Bei fünf Tieren wurde eine zusätzliche Reihe von Aufnahmen mit einer Pulswiederholrate von 100 Pulsen pro Sekunde von jeder Gewebelage, angefangen bei den Muskeln, gemacht. (...)

In Versuch 2 verwendeten wir 16 ausgewachsene männliche Meerschweinchen, von denen acht bei einer Frequenz von 1,1 GHz untersucht wurden. Verwendet wurde jede mögliche Kombination zwischen den beiden Spitzenleistungen 1250 und 8500 Milliwatt pro Quadratzentimeter, den Pulslängen 10 und 20 Mikrosekunden und der Pulswiederholrate 25 und 50 Pulse pro Sekunde. Die übrigen acht Tiere wurden bei der Frequenz 1,2 GHz untersucht. Man hat herausgefunden, daß diese Frequenzen im optimalen Bereich für die Entstehung des Radiofrequenzhörens liegen. Nach dem Entwickeln und der Auswertung der Hologramme der ersten drei Tiere mit der Leistung von 8500 Milliwatt pro Quadratzentimeter zeigte sich, daß der Mikrowellenabsorber auf dem die Tiere lagen, durch die Mikrowellenpulse bewegt wurde. (...)
Aus diesem Grund führten wir die Versuche mit der höchsten Leistung bei den verbleibenden Tieren durch, indem wir sie auf einen Zementblock legten, der das Mikrowellenfeld nicht deutlich beeinflusste. (...)

Die holographischen Aufnahmen eines jeden Tieres während der Bestrahlung mit Mikrowellenenergie wurden gekennzeichnet und, ohne daß die bewertende Person über die Versuchsbedingungen informiert war, mit den Aufnahmen des selben Tieres bei der Scheinbestrahlung verglichen. Bei beiden Versuchen wurde bei keinem Tier und in keiner Gewebelage ein Unterschied zwischen Bestrahlung und Scheinbestrahlung gefunden.
Mehrere Forschungsergebnisse deuten darauf hin, daß die Hypothese der thermoakustischen Ausdehnung und der Weiterleitung als Körperschall im Knochen von zweifelhaftem Wert ist. Auch die aus Mikrofonaufzeichnung in der Gehörschnecke gewonnen Daten, die zur Stützung dieser Hypothese verwendet werden, können in Zweifel gezogen werden. In erster Linie haben wir in unserem direkten physiologischen Versuch, über den wir hier berichten, nicht die vorhergesagte Bewegung gefunden.

Zum zweiten wurden die Muster des Glucoseverbrauchs in den Gehirnen von Ratten, die mit gepulster Mikrowellenenergie bestrahlt wurden von Wilson et al. mit Hilfe der Autoradiographie gemessen. Bei jedem Tier wurde ein Mittelohr ausgeschaltet um ein Ungleichgewicht in der Funktionsfähigkeit der beiden Seiten des Gehörsystems gegenüber akustischen Reizen hervorzurufen. Durch den Vergleich der Muster des Glukoseverbrauchs während akustischer Reize mit den Mustern des Glucoseverbrauchs während der Bestrahlung mit Mikrowellenenergie waren diese Forscher in der Lage, zu zeigen, daß gepulste Mikrowellenenergie eine Stoffwechselreaktion durch einen anderen Mechanismus als die akustische Weiterleitung durch das Mittelohr im Gehörsystem hervorrufen können.

Zum dritten haben Lebovitz und Seaman durch Aufzeichnungen im Hörnerv entdeckt, daß Nerveneinheiten für hohe akustische Frequenzen eine geringere Empfindlichkeit für Mikrowellenenergie haben. Aber sie stellen heraus, daß die Hypothese der thermoakustische

Ausdehnung mit Knochenweiterleitung das Vorhandensein einer ausgesprochen hochfrequenten mechanischen Komponente als Antwort auf die Mikrowellenenergie voraussetzt.

Viertens haben Tyazhelov et al. die Lautstärke von Radiofrequenztönen in Abhängigkeit von Pulslänge und Pulswiederholrate bestimmt und Klopfphänomene untersucht. Sie schlossen, daß die Hypothese der thermoakustische Ausdehnung mit Knochenweiterleitung durch ihre Daten wegen der für das Radiofrequenzhören ausreichenden niedrigen Energiedichte nicht unterstützt wird.

Fünftens haben Frey und Eichert mit der Hilfe von Musikern akustische Energie an den durch Mikrowellenenergie hervorgerufenen Radiofrequenzton angepasst. Es ist zu erwarten, daß die verwendeten Mikrowellensignale das Repetition Pitch Phänomen (Anmerkung des Übersetzers: Entsteht bei Überlagerung von genau gleichen aber phasenverschobenen akustischen Wellen, wobei der wirksame Mechanismus nicht bekannt ist.) verursachen würden, wenn die Hypothese zuträfe. Das vorhergesagte Repetition Pitch Phänomen trat nicht ein. Das legt nahe, daß die Mikrowellenenergie vor dem Erreichen der Gehörschnecke nicht in akustische Energie umgewandelt wird. Weiterhin deutet dieses Ergebnis darauf hin, daß nicht der Gesamtmechanismus der Gehörschnecke am Radiofrequenzhören beteiligt ist.

Nur die Versuche von Chou und seinen Mitarbeitern werden als Unterstützung der Hypothese bewertet. Chou et al. haben mit einem Mikrofon Töne am runden Fenster der Schnecke des Gehörs von Meerschweinchen aufgezeichnet, die mit Mikrowellenenergie bestrahlt wurden. (...) Obwohl sie ihre Daten als Unterstützung der Hypothese der thermoakustischen Ausdehnung und Weiterleitung im Knochen interpretieren sind andere Erklärungen möglich. Straub beispielsweise schlug den Ludwig-Soret Effekt zur alternativen Erklärung der von Chou et al. gewonnenen Daten vor. Dieser Effekt schließt durch Wärme hervorgerufene elektrische Felder in ionenhaltigen Flüssigkeiten ein. Straub schlug vor, daß die Veränderungen im elektrischen Feld einer Membran, die durch einen großen Temperaturunterschied entstehen, groß genug sein könnten, eine Depolarisation oder die Entfernung von Kalzium von der Oberfläche der Membran hervorzurufen. (...)

Die in dieser Veröffentlichung besprochenen Ergebnisse legen nahe, daß der Ort des Entstehens des Radiofrequenzhörens die Gehörschnecke ist. Unter den vielen Mechanismen in der Gehörschnecke die für das Hören von Mikrowellenenergie verantwortlich sein könnten, sollte auch die Möglichkeit der thermoakustischen Ausdehnung innerhalb der Schnecke in Erwägung gezogen werden. White schlug vor daß vorübergehende elastische Wellen durch thermoakustische Ausdehnung in den Strukturen der Schnecke hervorgerufen werden könnten die dann den Effekt des Radiofrequenzhörens hervorrufen. Wenn der Ort der Entstehung dieses Effektes innerhalb der Schnecke liegt wie es den Anschein hat, wird es schwierig den Mechanismus zu identifizieren. Aber das durch Mikrowellen hervorgerufene Hörphänomen könnte sich bei der Erforschung der Funktion eines Teils des Gehörs als nützlich erweisen, der kaum verstanden ist.

Single auditory unit responses to weak, pulsed microwave radiation Lebovitz, Robert M.; Seaman, Ronald L. In: Brain Research, 126, pp370-375, Amsterdam 1977

Die Reaktion einzelner Nerven des Gehörs auf schwache, gepulste Mikrowellenstrahlung

Katzen wurden zur Aufzeichnung der Aktivitäten im Zentrum des eighth nerve (*Anmerkung des Übersetzers: wohl ein beim Hören beteiligter Nerv*) vorbereitet. Mit 1-2 m NaCl gefüllte Glasmikropipetten mit einer Impedanz im Bereich zwischen 5 und 20 Megaohm wurden verwendet um Aktivitäten einzelner Neuronen außerhalb der Zelle aufzuzeichnen. (...) Es wurden akustische Klicks verwendet. (...) Die Länge der akustischen Pulse konnte zwischen 20 und 200 Mikrosekunden eingestellt werden. (...)

Mikrowellen einer pulsmodulierten Quelle der Frequenz 915 MHz wurde über einen Wellenleiter, der in einer Entfernung von 2 - 5 cm auf den seitlichen hinteren Teil des Katzenkopfes gerichtet war, gestrahlt. Die Länge der Mikrowellenpulse konnte zwischen 25 und 300 Mikrosekunden eingestellt werden. Die Pulswiederholrate war nicht größer als 10 pro Sekunde und die durchschnittlich aufgenommene Energiemenge überstieg nie 1 Milliwatt pro Gramm, wie durch kalorimetrische Messungen festgestellt wurde. (...)

Die Reaktion eines Neurons auf einen akustischen Klick wurde zuerst durch ein poststimulus time histogramm (PSTH) (*Anmerkung des Übersetzers: also durch die Aufzeichnung der elektrischen Reaktion des Nerven auf den akustischen Reiz*) mit mindestens 500 Pulsen (bei 10 Pulsen pro Sekunde) bewertet. Für auf diese Weise bestätigte am Hören beteiligte Neuronen wurde ebenso ein zweites PSTH während einer Folge von Pulsen der Mikrowellenstrahlung aufgezeichnet. Wenn dieses Neuron des Gehörs ebenfalls auf Mikrowellenstrahlung reagierte führten wir solange weitere Versuche zur Bestimmung der Reaktionsstärke bei verschieden starken akustischen und Mikrowellenreizen durch, wie das Neuron stabile Reaktionen zeigte. Bei Versuchen an 7 Katzen wurden ungefähr 100 am Hören beteiligte Neuronen untersucht. 32 von diesen Neuronen reagierten auf akustische Klicks und Mikrowellenpulse. Die Zeit zwischen dem Mikrowellenpuls und der ausgelösten Reaktion lag im Bereich von 2-5 Mikrosekunden, stimmte also mit dem durch Mikrowellen ausgelösten Potential überein, wenn ein solches beobachtet werden konnte. (...) Die Amplitude der gemessenen Reaktion (das Maximum der relativen Entladungswahrscheinlichkeit) hing von der Pulsenergie der Mikrowellenstrahlung ab.

Allerdings zeigten die Mikrowellen PSTHs jedes einzelnen Neurons qualitativ immer die gleiche Intervallverteilung für Mikrowellenpulsstärken im Bereich zwischen der unteren Grenze der Empfindlichkeit und 40 Mikrojoule pro Gramm, was ein Hinweis auf eine relativ schwache Beeinflussung ist. (...)

Da die PSTHs von Mikrowellenpulsen und akustischen Reizungen der einzelnen Nerveneinheit in ihrer Größe miteinander verglichen werden konnten, war es möglich, ein ungefähres "akustisches Äquivalent" für die Mikrowellenpulse festzulegen. In der für Mikrowellenstrahlung empfindlichsten der bisher beobachteten Neuronen ergab eine Folge von Mikrowellenpulsen mit einer Länge von 250 Mikrosekunden bei einer Pulswiderholrate von 10 Pulsen pro Sekunde (was einer absorbierten Energie von 32,9 Mikrojoule pro Gramm bei jedem einzelnen Puls entspricht) ein gleiches PSTH wie eine Reihe von akustischen Klicks mit einer Stärke von 62 dB SPL mit einer Pulswiderholrate von ebenfalls 10 Klicks pro Sekunde. Die untere Grenze der Empfindlichkeit für Mikrowellenstrahlung lag andererseits bei weniger als 4 Mikrojoule pro Gramm je Mikrowellenpuls. Daraus folgt, dass die Empfindlichkeit des Gehörs von Katzen für gepulste Mikrowellenstrahlung empfindlicher sein kann, als man auf Grund von Untersuchungen der von den Pulsen ausgelösten Potentiale annehmen kann. (...)

Unsere Daten erlauben noch keine genaue Unterscheidung ob es sich um die Reaktion primärer oder sekundärer Neuronen des am Gehör beteiligten Systems handelt, die beide im Zentrum des eighth nerve aufgezeichnet worden sein können. Trotzdem ist es sehr bedeutend, dass wir in der Lage waren, eine akute Einwirkung von Mikrowellenstrahlung auf einzelne Zellen des Gehörs nachzuweisen. Jetzt muß eine genauere Untersuchung der akustischen Empfindlichkeit der von der Mikrowellenstrahlung beeinflussten Neuronen stattfinden um den genauen Ort und den Mechanismus der Einwirkung der Mikrowellenstrahlung festzustellen. (...)

Die zu diesem Zeitpunkt wahrscheinlichste Hypothese lautet, dass der Mikrowellenpuls eine thermoakustische Welle im Kopf auslöst, die dann das Innenohr durch mechanische Weiterleitung über die Knochen erreicht. Das würde bedeuten, dass die Beeinflussung von Neuronen des Gehörs durch gepulste Mikrowellenstrahlung deren Beeinflussung durch kurze akustische Klicks, also mechanische Reize, nachahmt. Bisher haben unsere Daten ergeben, dass das Mikrowellen PSTH und das akustische PSTH jedes untersuchten Neurons sich genügend ähnlich waren um einen gemeinsamen mechanischen Zwischenschritt bei der Weiterleitung annehmen zu können. Allerdings bleibt die Möglichkeiten der direkten Beeinflussung der Basilarmembran oder der Haarzellen der Schnecke durch die Mikrowellenpulse, was durch unsere Experimente nicht ausgeschlossen werden kann.

Die Beeinflussung des Gehörs durch Mikrowellenpulse ist ein möglicherweise nützlicher Effekt dessen Wirkungsmechanismen weiterhin genau untersucht werden sollten. Wichtiger noch ist vielleicht, dass die hier vorgestellten Daten von einzelnen Neuronen schlüssig zeigen, dass bei der Bewertung der Wirkung von gepulster Mikrowellenstrahlung auf das Nervensystem eine akute, also eine von herkömmlicher gleichmäßiger thermischer Beeinflussung unabhängige Einwirkung berücksichtigt werden muß.

Einleitung

Im folgenden Aufsatz wird ein Verfahren beschrieben, daß mit Hilfe von radioaktiv markiertem Zucker die Höhe des Stoffwechsels in den am Hören beteiligten Nervenzentren des Gehirns misst. Bei erhöhter Aktivität der Nervenzellen steigt auch der Stoffwechsel, so daß an dieser Stelle mehr Zucker verbraucht wird. Dabei wird ein Teil des darin enthaltenen radioaktiven Kohlenstoffs in das Gewebe eingelagert. Nach dem Versuch wird das Tier getötet, das Gehirn in Scheiben geschnitten und diese Scheiben auf einen Film oder auf Fotopapier gelegt. Die ionisierende, also radioaktive Strahlung schwärzt den Film, und je mehr Radioaktivität an einem Ort des Gehirns eingelagert wurde, desto schwärzer wird der Film an dieser Stelle.

Wenn nun Radiofrequenzstrahlung auf das Gehirn von lebenden Tieren einwirkt verändert sich die Stärke des Stoffwechsels an den Orten dieser Einwirkung, so daß sie auf dem Film nach der Entwicklung erkannt werden können. In den beschriebenen Versuchen wurden gezielt einzelne Teile des Gehörs ausgeschaltet um herauszufinden, wo genau die Einwirkung der Radiofrequenzstrahlung stattfindet. Es zeigte sich, daß gepulste Radiofrequenzstrahlung direkt von den Nerven in der Colliculus Inferior, einem am Gehör beteiligten Nervenzentrum, wahrgenommen werden, denn dieser Bereich war auch bei zerstörter Schnecke des Gehörs stark geschwärzt. Dieser Ort der Einwirkung erklärt übrigens auch, daß ein durch Radiofrequenzstrahlung hervorgerufenes Geräusch auch beim Drehen des Kopfes keiner Richtung zugeordnet werden kann.

Sehr interessant ist daß auch ungepulste Radiofrequenzstrahlung auf das Gehör einwirkt. Nach der Zerstörung der Gehörknöchelchen verringerte sich der Stoffwechsel in der Colliculus Inferior bei Bestrahlung nicht. Erst mit der Zerstörung der Schnecke wurde eine Verringerung erzielt. Daraus ergibt sich, daß ungepulste Radiofrequenzstrahlung an einem Ort in der Schnecke einwirkt und dadurch ein erhöhter Stoffwechsel verursacht wird, was nicht heißt, daß die Tiere die Strahlung in diesem Fall auch gehört haben, denn das Signal war nicht moduliert. Auf Grund des Ergebnisses der Versuche ist es aber vorstellbar daß bei entsprechend angepaßter Modulation nicht nur in den Nerven der am Hören beteiligten Bereiche des Gehirns, sondern auch in der Schnecke Radiofrequenzstrahlung niedriger Leistung wahrnehmbar ist.

Alterations in activity at auditory nuclei of the rat induced by exposure to microwave radiation: Autoradiographyc evidence using (14C)2-deoxy-D-glucose
Blake S. Wilson, John M. Zook, William T. Jones; John H. Casseday
In: Brain Research, 187 (1980) 291-306

Änderungen der Aktivität im Hörzentrum der Ratte durch Bestrahlung mit Mikrowellen: Autoradiographische Beweise durch (14C)2-Deoxy-D-Glucose

Zusammenfassung
Autoradiographische Aufzeichnungen der Gehirnaktivität von mit gepulsten oder ungepulsten Mikrowellen bestrahlten Ratten wurden unter Verwendung von (14C)2-Deoxy-D-Glucose gemacht. Insbesondere die Aktivität im Hörsystem wurde untersucht, weil frühere Forschungen gezeigt haben, daß gepulste Mikrowellenstrahlung Reaktionen des Gehörs von Menschen und Tieren hervorrufen kann. Dazu wurde bei neun Ratten jeweils ein Mittelohr zerstört um die Weiterleitung von Tönen aus der Luft auf die Schnecke des Gehörs zu dämpfen. Das sich dadurch ergebende Ungleichgewicht des Gehörs von vier nicht mit Mikrowellen bestrahlten Ratten zeigte sich in der in den beiden Hirnhälften unsymmetrischen Aufnahme von (14C)2-Deoxy-D-Glucose in der Colliculus Inferior und im Corpus geniculatum mediale. Im Gegensatz dazu hat Bestrahlung eines Tieres mit gepulsten Mikrowellen zu einem symmetrischen Aufnahmemuster von radioaktivem C14 in diesen Strukturen des Gehirns geführt. Das zeigt, daß die Stimulierung des Gehörs mit gepulsten Mikrowellen unter Umgehung des

Mittelohres stattfindet. Dieses Ergebnis hat die Verwendbarkeit der (14C)2-Deoxy-D-Glucose Methode gezeigt um eine bekannte Wirkung von Mikrowellenstrahlung auf die Aktivität des Gehirns nachzuweisen.

Die Untersuchungen haben auch Wirkungen auf Hörzentren von 4 mit unmodulierter Strahlung behandelten Tieren gezeigt. Diese Wirkungen die bei anderen Verfahren nicht beobachtet wurden, haben sich bei Leistungsstärken von 2,5 und 10 mW/cm2 gezeigt. Um die Möglichkeit auszuschließen, daß unmodulierte Mikrowellen dieses Ergebnis durch direkte Einwirkung auf das Hirngewebe hervorgerufen haben, wurden zusätzliche Untersuchungen an zwei Ratten durchgeführt bei denen eine Schnecke des Gehörs zerstört worden war. Bei diesen beiden Tieren war die Aufnahme von (14C)2-Deoxy-D-Glucose in der Colliculus Inferior und im Corpus geniculatum mediale im Allgemeinen gleich wie bei nicht bestrahlten Tieren. Die Aufnahme von (14C)2-Deoxy-D-Glucose war also auf der Seite des Gehirns am größten, die der intakten Schnecke gegenüberlag. (Anmerkung des Übersetzers: Die Informationsverarbeitung im Gehirn ist so organisiert, daß die linke Seite des Gehirns die rechte Seite des Körpers steuert und auch die Information der Nerven der rechten Seite verarbeitet.).

Dieses Ergebnis und die Symmetrie der (14C)2-Deoxy-D-Glucose Aufnahme in den am Hören beteiligten Bereichen beider Seiten des Hirns von Tieren bei denen auf einer Seite das Mittelohr zerstört worden war haben die Hypothese bestätigt, daß die Einwirkung der unmodulierten Mikrowellenstrahlung auf das Gehör innerhalb der Gehörschnecke stattfindet. Bei qualitativen Analysen von Autoradiographien wurde außerhalb der am Gehör beteiligten Bereiche keine Wirkung von unmodulierter Mikrowellenstrahlung mit Stärken von 2,5 und 10 mW/cm2 auf die Aktivität des Gehirns gefunden. Auch Bestrahlung mit gepulsten Mikrowellen bei einer durchschnittlichen Leistungsdichte von 2,5 mW/cm2 hatte keine Wirkung auf die durch die Autoradiographien aufgezeichnete Aktivität des Gehirns.

Einführung

Neue Forschungen zeigen, daß die Aktivität des Gehirns von Tieren während der Bestrahlung mit nicht ionisierender Strahlung bei Durchschnittsleistungen von 10 mW/cm2 oder weniger geändert wird. Zu diesen Ergebnissen gehört die Wahrnehmung von gepulster Mikrowellenstrahlung als Geräusch sowie die Wirkung von Mikrowellen, VHF (Very High Frequency, (Anmerkung des Übersetzers: 30-300 MHz)) und ELF (Extremely Low Frequency, (Anmerkung des Übersetzers: bis 300 Hertz)) Strahlung auf das Elektroenzephalogramm und das Verhalten. Allgemein anerkannte Mechanismen für die Umwandlung elektromagnetischer Energie in Wärme oder in mechanische Beeinflussung des Gewebes haben zu der Annahme geführt, daß die Hirnaktivität durch angemessene Stimulierung von Rezeptoren des Wahrnehmungssystems beeinflusst wird. Tatsächlich haben viele Untersuchungen direkte oder indirekte Beweise für die Wirkung von nichtionisierender Strahlung niedriger Leistung auf die Aktivität des Gehörs und des Vorhofes des Labyrinths des Ohres sowie auf die Nervensysteme der Haut geliefert.

Viele Forscher nehmen heute an, daß Änderungen in der Gehirnaktivität die Folge von durch Strahlung in der unmittelbaren Umgebung der Neuronen ausgelösten Änderungen sein könnten. Zusätzlich zu den möglichen Wirkungen geringer Temperaturerhöhungen auf die Gehirnaktivität könnten solche Änderungen durch Veränderungen der elektrischen Felder um die Neuronen oder durch Veränderungen der biochemischen Zusammensetzung des Zellzwischenraumes ausgelöst werden. So kann zum Beispiel die Einwirkung von ELF oder amplitudenmodulierter VHF Strahlung die Bindung von Kalziumionen im Hirngewebe beeinflussen. Diese Beeinflussung findet aber nur in einem engen Bereiche von Amplitude und Frequenz für die Einwirkung von ELF oder Amplitude und Modulationsfrequenz für die Einwirkung von VHF statt. Die außerhalb dieser Amplituden und Frequenz "Fenster" nicht vorhandenen Effekte sind ein starker Beweis für einen nicht durch Erwärmung ausgelösten Wirkungsmechanismus. Weil nun die Bindung und der Ausstoß von Kalzium mit Hemmung und Erregung in der Hirnrinde in Verbindung gebracht wird, könnte die Hirnaktivität bei Tieren beeinflusst werden, die einer Strahlung ausgesetzt werden, von der bekannt ist, daß sie die Kalziumbindung in vitro (Anmerkung des Übersetzers: Also bei Präparaten von Nervenzellen die außerhalb des Gehirns untersucht werden) beeinflusst. (...)

Es wurden Messungen der Aktivität im Hörsystems durchgeführt weil psychophysikalische, elektrophysiologische und Verhaltensstudien gezeigt haben, daß gepulste Mikrowellenstrahlung auf das Gehör von Menschen und anderen Tieren bei durchschnittlichen Leistungsdichten von weit unter 10 mW/cm2 einwirken können. Unsere Ergebnisse haben nicht nur diese bekannte Wirkung von

gepulster Mikrowellenstrahlung auf die Aktivität des Gehirns gezeigt, sondern auch bisher unbekannte Reaktionen in Hörzentren von mit ungepulsten Mikrowellen bestrahlten Tieren nachgewiesen. (...)
Elf Sprague-Dawley Ratten mit einem Gewicht zwischen 150 und 250 Gramm wurden verwendet. Bei jedem Tier wurde entweder ein Mittelohr oder eine Gehörschnecke zerstört um die Übertragung von Tönen auf einer Seite des Gehörs zu unterbrechen oder stark zu verringern. (...)
Die Stimulationen wurden in einer doppelwandigen schallisolierten Kammer durchgeführt. (...)
Unmittelbar vor der Einwirkung des jeweiligen Stimulus wurde jeder Ratte (14C)2-Deoxy-D-Glucose (...) mit einer Radioaktivität von 25 Mikrocurie pro 100 Gramm Körpergewicht in 1,5 ml physiologischer Salzlösung gespritzt. Die Tiere wurden danach für eine Zeit von 45 Minuten einzeln einem der verschiedenen Stimuli ausgesetzt. Von den 4 Tieren die nicht mit Mikrowellen bestrahlt wurden, wurden 2 Tiere akustischen Klicks mit einem Schalldruckpegel von 87 dB ausgesetzt. Bei einem Tier wurde mit Infrarotstrahlung die Erwärmung durch Mikrowellen mit einer Leistung von 10mW/cm2 simuliert. Das 4. Tier wurde ohne irgendeine Behandlung in der schallisolierten Kammer gehalten. Die akustischen Klicks wurden hervorgerufen indem elektrische Pulse mit einer Länge von 100 Mikrosekunden mit einer Wiederholrate von 10 Pulsen pro Sekunde auf einen Lautsprecher (...) gegeben wurden. (...)

Sieben Tiere wurden mit Mikrowellen bestrahlt. In einem ersten Versuch wurde eine Ratte mit gepulsten Mikrowellen mit einer durchschnittlichen Leitung von 2,5 mW/cm2 bei einer Spitzenpulsleistung von 12,5 W/cm2 bestrahlt. Ausgeprägte Unterschiede im Muster der Aufnahme von (14C)2-Deoxy-D-Glucose in den Hörzentren zwischen diesem Tier und den nicht bestrahlten Tieren haben die Verwendbarkeit von (14C)2-Deoxy-D-Glucose gezeigt um eine bekannte Wirkung von Mikrowellen auf die Aktivität des Gehirns zu demonstrieren. Nach dieser Vergewisserung wurden je zwei Ratten verwendet um die Möglichkeit von Änderungen der Hirnaktivität durch Bestrahlung mit ungepulsten Mikrowellen mit Stärken von 2,5 mW/cm2 und 10 mW/cm2 zu untersuchen. Die bei diesen zwei Tieren erhaltenen Ergebnisse zeigten unerwartete Reaktionen in der Colliculus Inferior und im Corpus geniculatum mediale. Um den genauen Ort der Einwirkung der ungepulsten Mikrowellenstrahlung bei der Stimulation des Hörsystems zu finden, wurden zwei weitere Ratten, bei denen jeweils eine Gehörschnecke zerstört worden war, mit ungepulsten Mikrowellen mit einer Leistung von 10 mW/cm2 bestrahlt.

Bei der Bestrahlung mit gepulsten Mikrowellen wurden Pulse mit einer Länge von 20 Mikrosekunden und einer Frequenz von 2450 MHz mit einer Pulswiederholrate von 10 Pulsen pro Sekunde mit einem rechteckigen Hornstrahler (...) abgestrahlt. Die Antenne befand sich in einer Entfernung von 8 cm vom Kopf der Ratte so daß sich das Tier in der Übergangszone zwischen Nahfeld und Fernfeld befand, also in dem Bereich in dem zuerst die Bedingung für eine Bestrahlung mit einer ebenen elektromagnetische Welle herrscht. (Anmerkung des Übersetzers: Im Nahfeld einer Antenne herrscht eine sehr unübersichtliche Verteilung zwischen dem elektrischen und dem magnetischen Feld sowie eine ungleichmäßige Verteilung der Energiedichte, so daß man oft, wie hier, bei Untersuchungen der biologische Wirkung von Hochfrequenzfeldern im Fernfeld arbeitet.) (...)
Die Bestrahlung von Tieren mit ungepulsten Mikrowellen fand mit Hilfe eines Streifenleiters mit parallelen Platten statt der von einer Mikrowellenquelle mit einer Frequenz von 918 MHz angeregt wurde. (...)

Die Ratten wurden einzeln mit dem Kopf in die Richtung, aus der die Mikrowellen kamen, auf den mittleren Streifenleiter gebracht so daß die Längsachse ihres Körpers in Richtung der Wellenausbreitung ausgerichtet war. (...)

Messung der (14C)2-Deoxy-D-Glucose Aufnahme im Gehirn
Die Tiere wurden nach dem Ende der Stimulierung getötet. (...) Das Gehirn wurde in der Stirnebene in 30 Mikrometer dünne Scheiben geschnitten. Die Scheiben wurden (...) sofort bei 60° auf einer Heizplatte getrocknet. Autoradiographien der (14C)2-Deoxy-D-Glucose Aufnahme im gesamten Gehirn wurden hergestellt indem die Scheiben auf die empfindliche Seite von Röntgenfilm gebracht wurden der nach einer Einwirkungszeit von 5 Tagen bei grobkörnigem und 12-14 Tagen bei feinkörnigem Film entwickelt wurde. (Anmerkung des Übersetzers: Die Strahlung des radioaktiven Kohlenstoff 14 schwärzt den Film, so daß an Stellen mit hohem Zuckerverbrauch der Film dunkler wird als an Stellen mit niedrigem Zuckerverbrauch. Der Zuckerverbrauch durch die Nervenzellen wird also als Maß für die Aktivität der Zellen verwendet.)(...)

Ergebnisse
Das wichtigste Ergebnis dieser Untersuchung wurde durch die Zerstörung eines Mittelohres oder einer Schnecke des Gehörs erhalten. Die von so vorbereiteten Tieren erhaltenen Autoradiographien zeigten

für verschiedene Bedingungen der Stimulation ausgeprägte Unterschiede in den Mustern der optischen Dichte an den Stellen der Hörzentren. Weil diese Unterschiede besonders deutlich an der Colliculus Inferior sichtbar sind (Bild 1) werden die Ergebnisse in diesem Teil des Gehirns ausführlich beschrieben. (...)

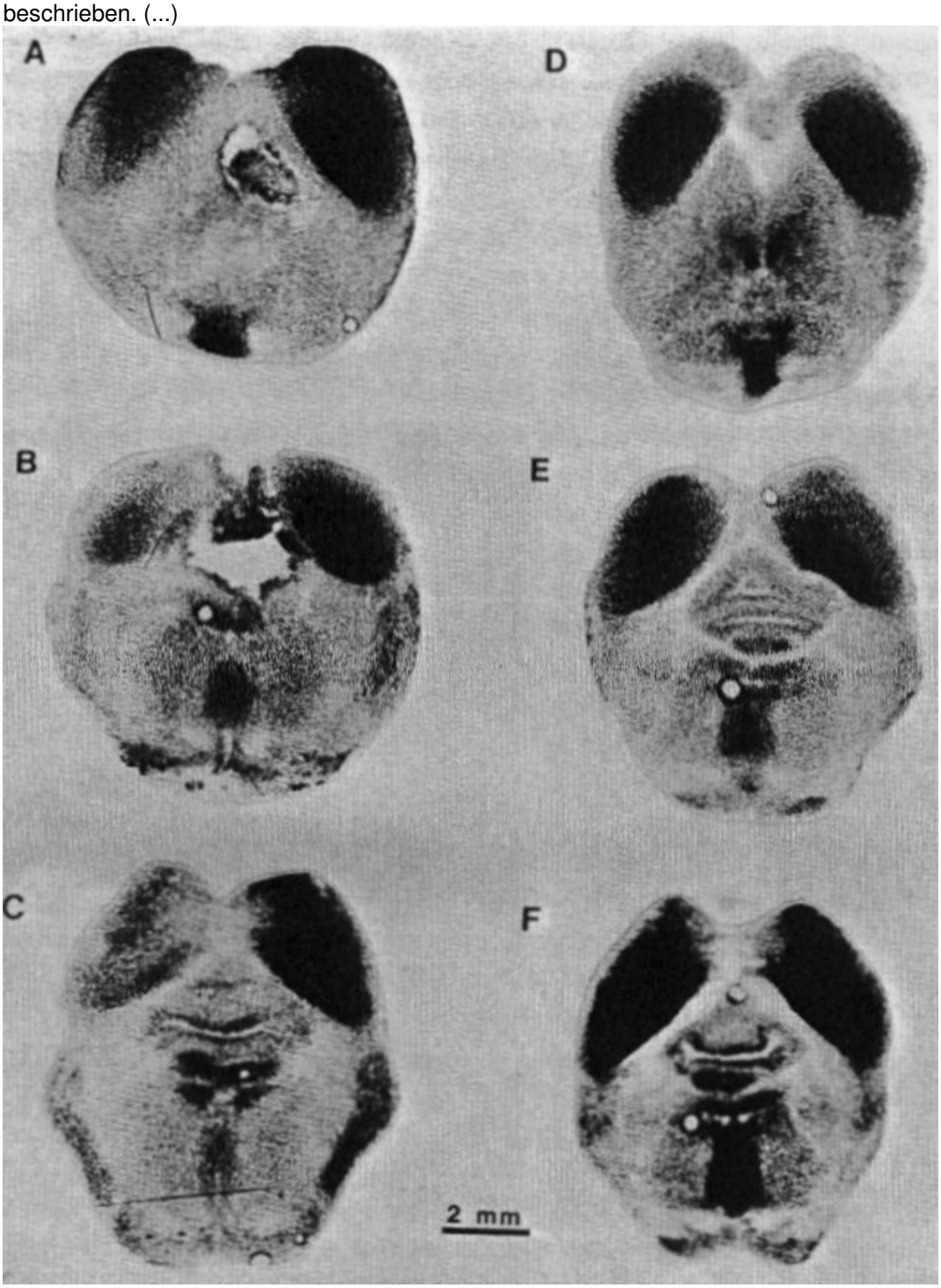


Bild 1. Autoradiographien der (14C)2-Deoxy-D-Glucose Aufnahme in der Schnittebene der Colliculus Inferior. Autoradiographien von Tieren die Kontrollstimuli ausgesetzt waren befinden sich auf der linken Seite. Sie zeigen repräsentative Schnitte für die Einwirkung von akustischen Klicks (A), ohne Strahlung (B) und für Infrarotstrahlung (C). Autoradiographien von mit Mikrowellen bestrahlten Tieren sind auf der rechten Seite wiedergegeben. Sie zeigen repräsentative Schnitte für die Einwirkung von gepulster Mikrowellenstrahlung mit einer Spitzenleistung von 12,5 W/cm2 bei einer Durchschnittsleistung von 2,5 mW/cm2 (D), ungepulster Mikrowellenstrahlung mit einer Leistung von 10 mW/cm2 (E) und ungepulster Mikrowellenstrahlung mit einer Leistung von 2,5 mW/cm (F). Vor der Einwirkung des Stimulus wurden die Gehörknöchelchen des Mittelohres auf der rechten Seite der Schnitte zerstört. Die Autoradiographien in diesem Bild wurden ohne die Hirnrinde gemacht. Die

einzelnen Bereiche der Schnitte in der Ebene der Colliculus Inferior sind aus der Zeichnung von Bild 2 C ersichtlich. Die kleinen Kreise in einigen der Autoradiographien stammen von Luftblasen die während der Übertragung der Schnitte (...) entstanden sind.

Muster der (14C)2-Deoxy-D-Glucose Aufnahme in der Colliculus Inferior von Tieren die einer Kontrollstimulation ausgesetzt waren
In Bild 1 A wird eine Autoradiographie eines Tieres das akustischen Klicks ausgesetzt war gezeigt. Man erkennt eine offensichtliche Asymmetrie der optischen Dichten bei dieser Autoradiographie wobei sich der dunkelste Bereich im zentralen Kern der Colliculus Inferior auf der dem funktionsfähigen Ohr gegenüberliegenden Seite befindet. Dieses Ergebnis war zu erwarten da sie meisten von einer Schnecke des Gehörs aufsteigenden Nervenwege im zentralen Kern der Colliculus Inferior auf der gegenüberliegenden Seite des Gehirns enden. Über ähnliche Muster der (14C)2-Deoxy-D-Glucose Aufnahme in der Colliculus Inferior wurde auch von anderen Forschern berichtet, die Tiere verwendet haben, bei denen ein Gehörgang verschlossen oder eine Schnecke zerstört worden war.
Eine beidseitige Asymmetrie der (14C)2-Deoxy-D-Glucose Aufnahme in der Colliculus Inferior wurde auch bei den beiden Kontrolltieren beobachtet die nicht absichtlich einem Geräusch ausgesetzt worden waren. Dieses Ergebnis ist in den Bildern 1 B und C wiedergegeben, wobei Bild 1 B eine Autoradiographie des Tieres zeigt das während der Zeit in der schallisolierten Kammer nicht bestrahlt wurde. Bild 1 C zeigt eine Autoradiographie des Tieres das mit Infrarot bestrahlt wurde. Die Muster der optischen Dichte dieser beiden Autoradiographien zeigen daß schwache Stimulation der einen Schnecke durch die Weiterleitung schwacher Umgebungsgeräusche durch das intakte Mittelohr genügte um einen hohen Stoffwechsel in der Colliculus Inferior der gegenüberliegenden Seite des Gehirns auszulösen. (...)

Muster der (14C)2-Deoxy-D-Glucose Aufnahme in der Colliculus Inferior bei Tieren die Mikrowellenstrahlung ausgesetzt waren
Im Gegensatz zu den Bildern der Colliculus Inferior der Kontrolltiere wurde bei den mit Mikrowellen bestrahlten Tieren eine symmetrische Aufnahme von (14C)2-Deoxy-D-Glucose gefunden. Bild 1 D zeigt eine Autoradiographie eines gepulster Mikrowellenstrahlung ausgesetzten Tieres. In dieser Autoradiographie ist die optische Dichte am Ort der einen Colliculus Inferior gleich oder fast gleich der am Ort der anderen Colliculus Inferior. Und die optischen Dichten an den Orten dieser beiden Colliculi Inferior reichen an die Dichte der Colliculus Inferior mit der höchsten Dichte bei den Kontrolltieren (Bild 1 A-C) heran. Dieses Ergebnis zeigt, daß gepulste Mikrowellenstrahlung eine Stoffwechselreaktion im zentralen Hörsystems durch einen anderen Mechanismus als den der Weiterleitung von Energie durch das Mittelohr auslösen kann. Psychophysische und elektrophysiologische Beobachtungen stimmen mit dieser Interpretation überein. So wurde zum Beispiel eine Wirkung von gepulsten Mikrowellen auf das Gehör von menschliche Versuchspersonen mit massiver Verringerung der Funktion des Mittelohres und von Meerschweinchen mit an den Gehörknöchelchen unterbrochener Weiterleitung des Schalls gezeigt.

Die Muster der (14C)2-Deoxy-D-Glucose Aufnahme bei Bestrahlung mit ungepulsten Mikrowellen ähnelten überraschenderweise denjenigen Aufnahmemustern, die bei der Bestrahlung mit gepulsten Mikrowellen erhalten wurden. Bild 1 E zeigt eine Autoradiographie eines mit ungepulsten Mikrowellen mit einer Leistung von 10 mW/cm2 bestrahlten Tieres und Bild 1 F die eines mit ungepulsten Mikrowellen einer Leistung von 2,5 mW/cm2 bestrahlten Tieres. Bei diesen Autoradiographien erkennt man eine beidseitige Symmetrie der optischen Dichte am Ort der Colliculus Inferior die eine Beeinflussung des Gehörs durch ungepulste Mikrowellenstrahlung anzeigt.

Um die Möglichkeit auszuschließen, daß ungepulste Mikrowellenstrahlung dieses Ergebnis durch direkte Einwirkung auf das Gewebe des Gehirns verursacht, wurden zusätzliche Untersuchungen an zwei Tieren gemacht, bei denen jeweils eine Schnecke zerstört worden war. Bei diesen beiden Tieren war die (14C)2-Deoxy-D-Glucose Aufnahme im Colliculus Inferior der der funktionsfähigen Schnecke gegenüberliegenden Seite am größten. Die Asymmetrie an den Orten der Colliculus Inferior war tatsächlich mindestens so groß wie bei den Kontrolltieren (Bilder 1 A-C). Dieses Ergebnis zeigt zusammen mit dem Ergebnis der beidseitigen Symmetrie der (14C)2-Deoxy-D-Glucose Aufnahme in den Nervenwegen des Gehörs von Tieren, bei denen ein Mittelohr zerstört worden war, daß ungepulste Mikrowellenstrahlung bei der Auslösung von Reaktionen des Gehörs an irgendeinem Ort innerhalb der Schnecke wirkt.

Muster der (14C)2-Deoxy-D-Glucose Aufnahme in anderen Strukturen des Gehirns
(...) Die hinter der Colliculus Inferior liegenden am Gehör beteiligten Bereiche zeigten bei allen Gehirnen hohe optische Dichten. Repräsentative Autoradiographien in der Ebene des kochleären

Kerns und des oberen olivenförmigen Komplexes sind in Bild 2 D und E wiedergegeben. Obwohl die charakteristischen Formen der seitlichen superioren Olive, der mittleren superioren Olive und des kochleären Kerns beim Vergleich der Autoradiographien mit den Zeichnungen, die mit Hilfe von Nissl-Färbungen gemacht wurden (Bild 2 A und B), zu erkennen sind, wurden, außer bei den Autoradiographien von den beiden Tieren mit einer zerstörten Schnecke, keine Unterschiede zwischen den beiden Seiten beobachtet.

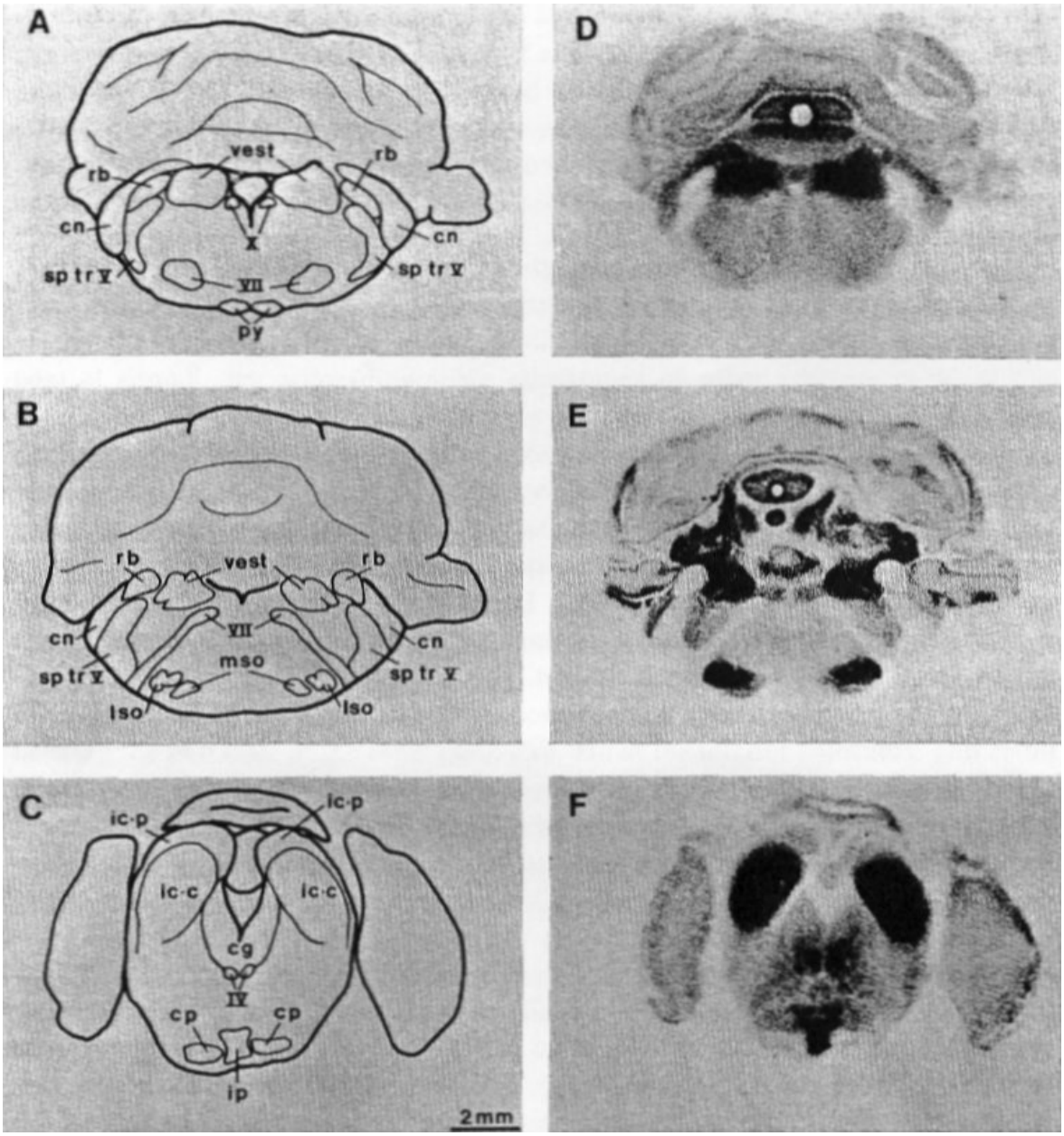


Bild 2. Autoradiographien der (14C)2-Deoxy-D-Glucose Aufnahme in drei Ebenen des Gehirns von mit gepulsten Mikrowellen bestrahlten Ratten. Die Autoradiographien sind auf der rechten Seite nacheinander von Kaudal (Schwanzwärts) nach Rostral (Kopfwärts) angeordnet (D, E und F). Die zur Identifizierung der Strukturen der Schnitte verwendeten Zeichnungen befinden sich jeweils links neben der entsprechenden Autoradiographie. Die verwendeten Abkürzungen bedeuten: cg: zentrales Grau; cn: kochleärer Kern; cp: zerebraler Stiel; ip: interpedunkulärer Kern; ic.c: zentraler Kern des Colliculus Inferior; ic.p: perizentraler Bereich des Colliculus Inferior; lso: seitliche superiore Olive; mso: mittlere superiore Olive; IV: Kern des trochleären Nerven; VII: Nervus Facialis; py: Pyramis; rb: restiformer Körper; sp tr V: dem Rückenmark zugewandter Teil des Trigeminusnerven; vest: vestibulärer Kern; X: motorischer Kern des Vagusnerven

Innerhalb der Corpi geniculatum mediale war die optische Dichte in den ventralen (bauchseitigen) Bereichen unter allen Stimulationsbedingungen am größten. Der Vergleich der (14C)2-Deoxy-D-Glucose Aufnahme der Corpi geniculatum mediale in den beiden Seiten des Gehirns entsprach der

Verteilung im Colliculus Inferior. Dieses Ergebnis ist nicht überraschend da die hauptsächliche Weiterleitung der Informationen vom Colliculus Inferior in den ventralen Teil des Corpus geniculatum mediale der gleichen Körperseite führt. Bild 3 C zeigt das Muster der optischen Dichte in der Ebene des Corpus geniculatum mediale bei einem mit gepulsten Mikrowellen bestrahlten Tier. Außerhalb des am Hören beteiligten Systems wurden keine qualitativen Unterschiede der optischen Dichte bei unterschiedlichen Bestrahlungsbedingungen gefunden.

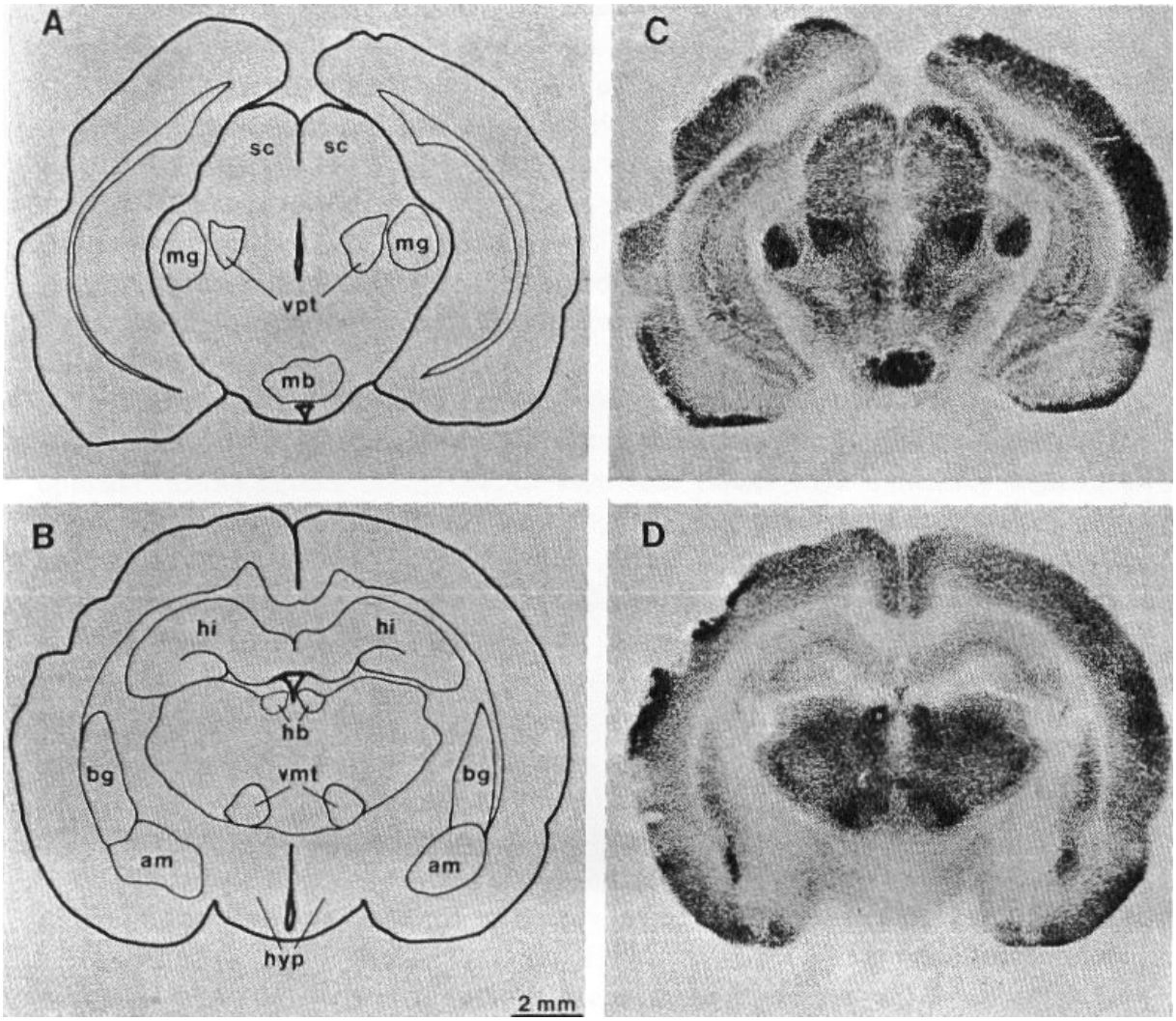


Bild 3. Autoradiographien der (14C)2-Deoxy-D-Glucose Aufnahme in rostralen (kopfwärtigen) Schnitten des Gehirns einer mit gepulsten Mikrowellen bestrahlten Ratte. Autoradiographien von weiter caudal (schwanzwärts) gelegenen Schnitten dieses Gehirns sind in Bild 2 wiedergegeben. Abkürzungen: am: Mandelkörper; bg: Basalganglion; hb: Zirbeldrüsenstiel; hi: Hippocampus; hyp: Hypothalamus; mb: warzenförmige Körper; mg: Corpus geniculatum mediale; sc: Colliculus Superior; vmt: bauchseitiger mittlerer thalamischer Kern; vpt: bauchseitiger hinterer thalamischer Kern. Die Wölbungen und Falten am Rand der beiden Autoradiographien sind durch das Schneiden entstanden.

Effektivität der (14C)2-Deoxy-D-Glucose Methode

Die Ergebnisse unserer Forschungen zeigen daß die (14C)2-Deoxy-D-Glucose Methode ein leistungsfähiges Werkzeug beim Auffinden der Orte sein kann, an denen nichtionisierende Strahlung auf das Gehirn einwirkt. Diese Methode ermöglicht eine gleichzeitige in vivo (Anmerkung des Übersetzers: Also im lebenden Tier) Bestimmung des Glucoseverbrauchs und der damit verbundenen funktionellen Aktivität in den meisten makroskopischen Strukturen des Gehirns. Dadurch kann die Wirkung der Stimulation von Sinnesorganen auf die Aktivität der diese Reize weiterverarbeitenden Nervenzentren identifiziert und von anderen durch die Einwirkung von Strahlung auf die Umgebung der Neuronen hervorgerufenen Änderungen der Aktivität getrennt werden. (...)

Mögliche Mechanismen der Einwirkung von Mikrowellenstrahlung auf das Gehör
Obwohl verschiedene Erklärungen für die Wirkung von gepulster Mikrowellenstrahlung auf das Gehör veröffentlicht worden sind beschreibt die einzige Hypothese, für die es eine umfangreiche experimentelle Unterstützung gibt, die Stimulation der Schnecke durch von Mikrowellen hervorgerufene Druckwellen innerhalb des Schädels. Solche mechanischen Spannungen könnten durch `thermoelastische´ Ausdehnung während schneller Aufnahme von elektromagnetischer Energie, durch Elektrostriktion (Anmerkung des Übersetzers: Dieser Begriff beschreibt die Verformung eines Dielektrikums durch ein elektrisches oder ein elektromagnetisches Feld. In einem Dielektrikum können sich die darin enthaltenen elektrischen Ladungen nicht wie die Elektronen in einem Metall bewegen, da es nicht leitfähig ist. Trotzdem werden die Ladungen aber von dem Feld angezogen oder abgestoßen. Deshalb bewegt oder verformt sich das gesamte Dielektrikum mit den darin enthaltenen Ladungen.) oder durch den Druck der Strahlung.

Neuere Messungen der Aktivität von einzelnen Fasern im Hörnerv von Katzen deuten tatsächlich darauf hin, daß die Mehrzahl der durch gepulste Mikrowellenstrahlung hervorgerufenen Wirkungen auf das Gehör tatsächlich die Folge von an der Basilarmembran (Anmerkung des Übersetzers: Die Basilarmembran befindet sich in der Schnecke und trägt die Nervenzellen die die Geräusche wahrnehmen) oder in ihrer Nähe hervorgerufenen mechanischen Spannungen sind. Ein unerwartetes Ergebnis unserer Untersuchung ist die Empfindlichkeit des Gehörsystems für ungepulste Mikrowellenstrahlung. Es ist unwahrscheinlich daß mechanische Stimulation der Schnecke als Erklärung dafür in Frage kommt, denn unsere Tiere wurden ungepulster Mikrowellenstrahlung mit einer Anstiegszeit der Leistung beim Einschalten von ungefähr einer Minute ausgesetzt.

Diese schrittweise Erhöhung der elektromagnetischen Energie ist weit von der nötigen kurzen Anstiegszeit (ungefähr 1 Mikrosekunde) entfernt die benötigt wird um messbare Spannungen in festen Materialien oder in Behältern mit Kaliumchloridlösung während der Bestrahlung mit gepulsten Mikrowellen hervorzurufen. Außerdem war die Wirkung der ungepulsten Mikrowellenstrahlung bei einer einfallenden Leistungsdichte von 2,5 mW/cm2 klar erkennbar. Dieser Wert beträgt weniger als ein dreißigstel der Spitzenleistung eines Mikrowellenpulses der beim Menschen und bei Tieren an der Schwelle der Wahrnehmbarkeit durch das Gehör liegt. Diese Reaktion auf ungepulste Mikrowellenstrahlung zeigt gemeinsam mit bestimmten Wirkungen gepulster Mikrowellenstrahlung die nicht durch die Hypothese der mechanischen Stimulation erklärt werden, daß mindestens zwei Mechanismen bei der Einwirkung von Mikrowellen auf die Aktivität des Gehörs beteiligt sind.

Die Ergebnisse unserer Forschung zeigen daß ungepulste Mikrowellenstrahlung bei der Auslösung von Reaktionen des Gehörs an einem Ort in der Schnecke einwirkt. Betrachten wir kurz die möglichen Mechanismen dieser Einwirkung. Die Vorgänge der Signalerkennung und Übertragung in der Schnecke werden nicht nur durch den Einfluß von mechanischer Reizung sondern auch durch Änderung der Temperatur, durch das Fließen eines körperfremden elektrischen Stromes durch das Corti-Organ (Anmerkung des Übersetzers: Zellgruppe innerhalb der Schnecke) und durch Änderungen der Konzentration der Kalziumionen in der Perilymphe (Anmerkung des Übersetzers: Flüssigkeit in der Schnecke) beeinflusst. (...)

Wir schätzen die Zunahme der Temperatur innerhalb der Schnecke von lebenden Ratten, die einer Strahlung der Frequenz 918 MHz mit einer Energiedichte von 2,5 mW/cm2 ausgesetzt werden, auf 0,1 bis 0,5 Grad. Stärke und zeitlicher Verlauf der Reaktion des Hörnervs von Katzen auf Klicks sind in guter Annäherung im Bereich zwischen 0 und 45° C linear von der Temperatur innerhalb der Schnecke abhängig. Bei Aufzeichnungen an einzelnen Fasern des Hörnervs verdoppelte eine Zunahme der Temperatur um 4° C (von 34 auf 38° C) die Zahl der Reaktionen des Nerven auf kurze Tonfolgen, erhöhte die Frequenz für die die beobachteten Neuronen am empfindlichsten waren um 0,04 Oktaven und erhöhte die spontane Aktivität bei Ruhe, also ohne Stimulation durch Töne. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, daß sogar kleine durch Mikrowellenstrahlung niedriger Energie verursachte Zunahmen der Temperatur zu einer Änderung der Aktivität des Gehörs führen könnten.

Außer diesem Einfluß der Temperaturzunahme könnte die Schnecke auch auf elektrische Stimuli reagieren die im Mikrowellenfeld an der Zellemembran hervorgerufen werden. Sowohl spontane (Anmerkung des Übersetzers: Also ohne die Einwirkung von Geräuschen entstehende) als auch (Anmerkung des Übersetzers: durch Geräusche) ausgelöste Aktivitäten im Hörnerv nehmen zu wenn körperfremde Ströme durch das Corti-Organ in Richtung von der Scala vestibuli zur Scala tympani geleitet werden. Untersuchungen von Modellen der Schnecke zeigen, daß die Grenze der Reaktion auf von außen zugeführten Strom, der über die Zilien tragenden Enden der einzelnen Haarzellen fließt, deutlich unter 5x10hoch-12 Ampere liegen kann. Starke Unterschiede der elektrischen Ladung

zwischen den Lagen der Zellmembran und der Flüssigkeit außerhalb der Zellen haben zu dem Schluß geführt daß Felder mit Mikrowellenfrequenz an solchen Gewebegrenzen zumindest teilweise gleichgerichtet werden können. Eine andere Möglichkeit ist die Einwirkung des elektromagnetischen Feldes durch Resonanz mit den die Membrankanäle verschließenden Teilchen wodurch sich diese Teilchen verschieben oder in den geöffneten Zustand "springen" könnten. Das würde Ionen ermöglichen die Membran zu durchqueren. In beiden Fällen könnte die Wirkung von durch Mikrowellen hervorgerufenen Strömen zuerst in der Schnecke auftreten weil die Haarzellen dort sehr empfindlich für Störungen des Ionenstroms sind.

Zuletzt liegt es nahe, einen möglichen Zusammenhang zwischen durch Strahlung hervorgerufenen Änderungen der Bindung von Kalziumionen im Gewebe des Gehirns und der bekannten Empfindlichkeit der Schnecke für Änderungen der Konzentration von Kalziumionen in der Perilymphe zu betrachten. Insbesondere ahmt eine Zunahme von Kalzium in der Perilymphe die hemmende Wirkung der Stimulation des Olivocochleären Bündels (OCB) nach, was dazu führt daß die Empfindlichkeit der Schnecke zunimmt während das Aktionspotential des gesamten Nerven abnimmt. Diese und andere Ergebnisse deuten darauf hin, daß Kalzium eine Schlüsselrolle bei der Freisetzung von Überträgersubstanzen an den Enden der OCB Fasern spielt. Wenn die Einwirkung von Mikrowellenstrahlung die Konzentration von Kalziumionen an diesen oder vielleicht an anderen Orten innerhalb der Schnecke beeinflußt, könnte man Änderungen in der Aktivität des Gehörs erwarten. Bis heute wurden durch Strahlung verursachte Änderungen der Kalziumbindung nur in einen schmalen Bereich der Frequenz und der Stärke bei der Einwirkung von ELF oder der Modulationsfrequenz und der Stärke bei der Einwirkung von VHF beobachtet. Mögliche Änderungen durch die Einwirkung von ungepulster Mikrowellenstrahlung erscheint aus dieser Sichtweise wenig wahrscheinlich.

Wahrnehmung von ungepulster Mikrowellenstrahlung
Die Einwirkung von ungepulster Mikrowellenstrahlung auf die Aktivität des Gehörs wirft die Frage auf ob diese Energieform wahrgenommen werden kann oder nicht. Wenn auch keine Berichte über das direkte Hören in der Literatur erschienen sind, so haben doch russische Forscher vor langer Zeit darauf bestanden daß Änderungen der Hörschwelle während oder kurz nach der Bestrahlung mit ungepulsten Mikrowellen niedriger Stärke auftreten. (...) In neuerer Zeit haben Sagalovich und Melkumova über eine Abnahme der Stärke von durch Klicks hervorgerufenen Potentialen in dem für das Hören zuständigen Bereich der Hirnrinde von Kaninchen und weißen Mäusen berichtet, wenn diese Tiere gepulster Mikrowellenstrahlung ausgesetzt waren. Signifikante Verringerungen wurden bei Pulsspitzenleistungen von 14 und 28 mW/cm2 beobachtet. Diese Werte liegen deutlich unter dem Wert (80 mW/cm2) der benötigt wird um "direktes" Hören auszulösen.

In einer anderen Untersuchung fand Bourgeois eine Zunahme der Empfindlichkeit des Gehörs bei menschlichen Versuchspersonen während der Bestrahlung mit ungepulster oder mit Sinuswellen modulierter Mikrowellenstrahlung niedriger Spitzen- und Durchschnittsleistung (Die höchste verwendete Leistungsdichte betrug 2,1 mW/cm2). Diese Ergebnisse sind zwar schwer zu bewerten da Sagalowich und Melkumova Metallelektroden verwendeten um Hirnpotentiale in einem elektromagnetischen Feld aufzuzeichnen und die von Bourgeois gefundene Zunahme der Empfindlichkeit ist ziemlich gering. Doch stimmen sie mit den drei oben genannten Hypothesen überein da alle drei Hypothesen eine Verschiebung der Hörschwelle vorhersagen. Aus diesem Grund könnte durch wahrgenommene Änderungen der Umgebungslautstärke indirekt auf das Vorhandensein von ungepulster Mikrowellenstrahlung geschlossen werden. (...)

Diese Studie wurde vom National Institute of Environmental Health Sciences gefördert.

Some effects on human subjects of ultra high frequency radiation
Allen H. Frey
The American Journal of Medical Electronics 2 (1): 28-31, 1963

Einige Wirkungen von ultrahoher Frequenz auf Menschen

Von Zeit zu Zeit wird Ärzten und Herausgebern von Fachzeitschriften für Elektrotechnik von Personen berichtet, daß sie elektromagnetische Energie im Radiofrequenzbereich des Spektrums gehört haben. (...)
Vor kurzem wurden in unserem Labor Daten erhalten, die zeigen, daß das menschliche Gehör tatsächlich auf elektromagnetische Energie im Radiofrequenzbereich reagieren kann. Mit anderen Worten, das menschliche Gehör kann Radiofrequenzenergie direkt erkennen - die Person nimmt sie als Geräusch ohne den Zwischenschritt der Umwandlung der elektromagnetischen Energie in akustische Energie durch einen Radioempfängers wahr. Dieser Effekt tritt ohne Verzögerung und bei äußerst geringen Energiedichten auf. Die wichtigen Parameter sind Frequenz, Modulation und die maximale Höhe der Energiedichte. Dieser Bericht soll Mediziner auf dieses Phänomen aufmerksam machen. (...)

Der Radiofrequenzton wurde, abhängig von verschiedenen Parametern des Senders wie Pulslänge und Pulswiederholrate, als Summen, Ticken, Zischen oder Klopfen beschrieben. Die scheinbare Quelle des Geräusches wird von den Versuchspersonen als im Kopf oder direkt hinter dem Kopf wahrgenommen. Das Geräusch scheint immer im oder direkt hinter dem Kopf zu entstehen, unabhängig davon wie die Versuchsperson ihren Kopf im Radiofrequenzfeld dreht.

Versuchsergebnisse
Die verwendeten Sender im ganzen UHF Band (300-3000 MHz). Es wurden verschiedene Antennen, nämlich Hornstrahler und Parabolantenne verwendet ohne daß der Effekt merkbar beeinflusst worden wäre. Die Polarisation des Feldes schien auch ohne Bedeutung zu sein. Bei der Untersuchung ob der Effekt tatsächlich auftritt wurden folgende Versuche durchgeführt:

Es wurde oft darüber berichtet, daß einige Personen mit der Füllung ihrer Zähne Radioprogramme empfangen können. Um diese Möglichkeit zu untersuchen wurde eine Radiofrequenzabschirmung (Fliegengitter aus Aluminium) zwischen die Person und die Radiofrequenzquelle gebracht. Wenn die untere Hälfte des Kopfes einschließlich des Oberkiefers bedeckt war wurde der Radiofrequenzton wahrgenommen. Wenn die obere Hälfte des Kopfes bedeckt war wurde der Radiofrequenzton nicht wahrgenommen.

Die Antenne des Senders wurde in einer Radarabdeckung angebracht und war so für die Versuchspersonen nicht sichtbar. Die Antenne rotierte mit unterschiedlichen Umdrehungsraten wobei der Radiofrequenzstrahl mehrere Male pro Minute auf die Versuchsperson fiel. Bei jeder Umdrehung hörte die Versuchsperson den Radiofrequenzton für einige Sekunden. Während die Versuchsperson den Ton hörte wurde ein Messgerät abgelesen, dessen Anzeige die Versuchsperson nicht sehen konnte. Die Versuchspersonen hörten den Ton ausschließlich während sie vom Radiofrequenzstrahl getroffen wurden. Die Versuchspersonen befanden sich in einer Entfernung von über 100 Fuß von der Radarabdeckung und konnten die von der Anlage erzeugten akustischen Geräusche nicht hören.

Die Versuchspersonen wurden mit gut sitzenden schwarzen Brillen in den Radiofrequenzstrahl gebracht, so daß sie nichts sehen konnten. Der Strahl wurde dann wiederholt in unregelmäßigen Abständen mit einer zwischen die Antenne und die Versuchsperson gebrachten Abschirmung unterbrochen. Die Aussagen der Versuchspersonen darüber ob der Ton "an" oder "aus" war stimmten genau mit der vorhandenen oder nicht vorhandenen Abschirmung überein.

Die Versuchspersonen wurden zu zweit in den Radiofrequenzstrahl gebracht. Eine Abschirmung wurde zwischen die Radiofrequenzquelle und den Kopf einer der beiden Personen gebracht. Sofort wurde der Radiofrequenzton nur noch von der nicht abgeschirmten Versuchsperson wahrgenommen.

Das Umgebungsgeräusch während der Versuche betrug 70 bis 80 db. Die Ohren der Versuchspersonen wurden mit Ohrenstöpseln mit einer Dämpfung von durchschnittlich 30 db geschlossen. Die Versuchspersonen berichteten über eine Verringerung der Stärke der

Umgebungsgeräusche und eine Zunahme der Lautstärke des Radiofrequenztones, was wahrscheinlich auf die Reduzierung der Umgebungsgeräusche zurückzuführen ist.

Eine taube Versuchsperson hatte eine Verringerung des Gehörs von 50 db bei der Schallübertragung durch Luft. Bei Weiterleitung von Körperschall durch den Knochen war das Gehör in Ordnung. Diese Versuchsperson konnte den Radiofrequenzton bei Leistungsdichten hören, die in der Nähe der Hörschwelle von normalen Versuchspersonen lag.

Wenn eine Abschirmung so angebracht wurde, daß die Radiofrequenzenergie die bereits an der Versuchsperson vorbeigegangen war wieder auf die Versuchsperson reflektiert wurde, nahm die Lautstärke des Radiofrequenztones zu.

Bei akustischen Tönen können die Versuchspersonen die Quelle ziemlich genau orten wenn sie die Möglichkeit haben, ihren Körper frei zu drehen. Bei dem Radiofrequenzton war das nicht möglich. Die Versuchspersonen haben bei Befragung über die Stelle der Entstehung des Radiofrequentones im allgemeinen einen Ort direkt hinter dem Kopf als Quelle angegeben. Unabhängig davon wie sie den Kopf in dem Radiofrequenzfeld drehten befand sich die Quelle immer am selben Ort.

Bei Berücksichtigung dieser acht Versuchsergebnisse ist es unwahrscheinlich, daß die Wahrnehmung von Radiofrequenz als Geräusch durch akustische Energie außerhalb des Trommelfells hervorgerufen wird. (...)

Tabelle 1 zeigt die Grenzwerte für die Wahrnehmung des Radiofrequenztones. Sie zeigt deutlich, daß der entscheidende Faktor bei der Wahrnehmung des Radiofrequenztones die Spitzenleistung des Senders und nicht die Durchschnittsleistung ist.

Sender	**Frequenz (MHz)**	**Verhältnis an/aus**	**durchschnittliche Sendeleistung (mW/cm2)**	**Spitzen-sendeleistung (mW/cm2)**	**elektrische Feldstärke (Spitze) (V/cm)**
A	1310	0,0015	0,4	267	14
B	2982	0,0004	2,1	5250	63
C	425	0,0038	1,0	263	15
D	425	0,007	1,9	271	14
E	425	0,014	3,2	229	13
F	425	0,028	7,1	254	14
J	216	0,006	4,0	670	23

Tabelle1 zeigt, daß die Spitzenfeldstärke nicht sehr hoch ist. Aus unseren Versuchen schließen wir, daß bei geringeren Umgebungsgeräuschen die Grenzwerte der zur Wahrnehmung des Radiofrequenztones notwendigen Feldstärke viel geringer wären. Wenn der Grenzwert in Abhängigkeit von der Frequenz dargestellt wird (Bild 1) erhält man eine Kurve die der Kurve der Eindringtiefe von Radiofrequenzenergie in den Kopf ähnelt.

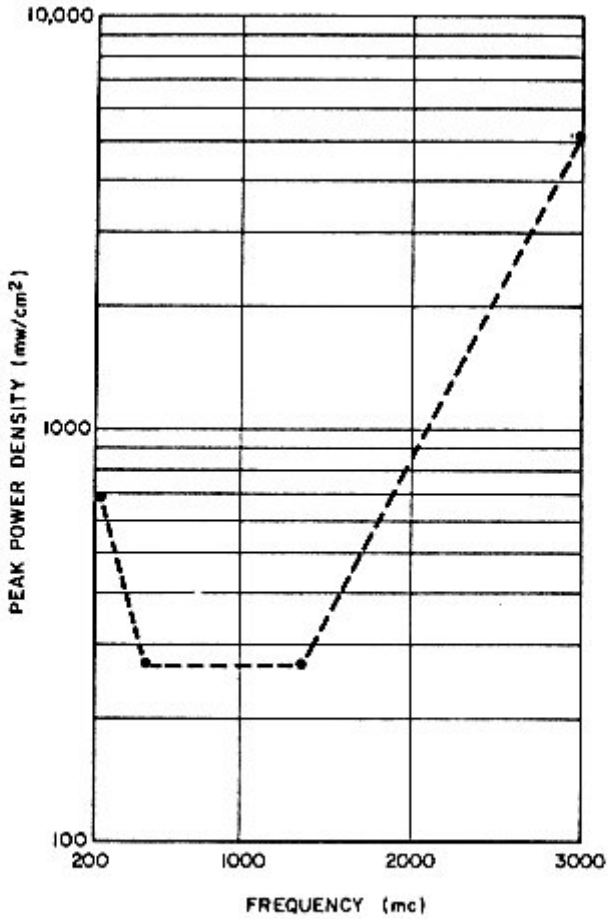


Fig. 1. Threshold energy as a function of frequency of RF energy.

Stimmen hören mit Ultraschall

Auch mit Ultraschall kann man gezielt einzelnen Personen Sprache und andere Geräusche einspielen, ohne dass die Umgebung davon etwas bemerkt. Alle diese Geräte strahlen zwei verschiedene Ultraschallsignale ab, die bei der Überlagerung ein niederfrequentes Signal ergeben. Da Ultraschall eine viel kürzere Wellenlänge hat als normaler Schall, lässt er sich mit kleineren Lautsprecheranordnungen viel schärfer bündeln als Schall im hörbaren Bereich. Das hängt damit zusammen, dass die Richtwirkung von Antennen und auch Lautsprechern von dem Verhältnis der Größe der abstrahlenden Fläche zur Wellenlänge abhängt. Je größer die abstrahlende Fläche (Antennenöffnung) im Verhältnis zur Wellenlänge ist, desto höher ist die Richtwirkung.
Für eine Ultraschallfrequenz von 60 KHz beträgt die Wellenlänge in der Luft 5 mm, während bei 600 Hz im hörbaren Bereich die Wellenlänge 50 cm beträgt. Für die gleiche Richtwirkung müsste eine Lautsprecheranlage für den hörbaren Bereich 100 mal so groß sein, um die gleiche Richtwirkung zu haben.

Die käuflichen Geräte arbeiten nach dem Prinzip der aus der Funktechnik bekannten Einseitenbandmodulation (siehe gleichnamigen Beitrag). Es wird aber in diesem Fall nicht nur ein Seitenband abgestrahlt sondern entweder ein Seitenband und der Träger (Sennheiser) oder die beiden Seitenbänder (American Technologies Corporation). Prinzipiell wäre es natürlich auch möglich, zwei frequenzgleiche Ultraschallsignale zu verwenden bei denen die Phasenlage der beiden Kanäle gegeneinander verschoben wird. (siehe auch „Wellenüberlagerung“).

Die Firma Sennheiser hat den Innovationspreis der deutschen Wirtschaft für den Audiobeam Lautsprecher bekommen
(http://www.sennheiser.com/sennheiser/icm.nsf/root/press_archiv_2_2001_aesconvention110_1).

Die Firma American Technologies Corporation verkauft das Hypersonic Sound System (HSS). (http://www.atcsd.com/tl_hss.html)

Die Firma Holosonic Research Labs bietet ihr Produkt unter dem Namen Audio Spotlight an (http://www.holosonics.com/technology.html).

Die Waffe gegen die Kritik

In seinem Buch Waffentechnische Kuriositäten Journal-Verlag Schwend, Schwäbisch Hall 1990, schreibt der Fachmann für Abhörtechnik, Günther Wahl, über die Strahlenwaffen der Zukunft, die in den Kriegen der Geheimdienste ohne Zweifel immer mehr zum Einsatz kommen. Er zählt folgende Möglichkeiten der Beeinflusssung auf : Schall (Infraschall, Ultraschall), Licht (sichtbares Licht, infrarotes Licht, ultraviolettes Licht), Magnetfelder (Gleichfelder, gepulste Magnetfelder), niederfrequente elektrische Wechselfelder, hochfrequente elektrische Wechselfelder, Röntgenstrahlung und radioaktive Strahlung.

Infraschall, also Schall dessen Frequenz unter 20 Hertz (also 20 Schwingungen pro Sekunde) liegt, regt die inneren Organe wie Herz, Lunge und Magen und deren Blutgefäße zu starken Schwingungen an und führen zum Tod durch innere Blutungen, da die Blutgefäße zerreißen. Diese Blutungen beschränken sich nur auf die inneren Organe, so daß der Eindruck einer natürlichen Todesursache entsteht. Bei Schallfrequenzen um 7 Hertz soll das Gehirn zur Produktion von Alpha-Wellen angeregt werden, die ebenfalls eine Frequenz von ungefähr 7 Hertz haben. Diese Alpha-Wellen werden vom Gehirn im Ruhezustand produziert. Bei erzwungener Alpha-Wellen Produktion können selbst primitive Rechenaufgaben nicht mehr gelöst werden.

Als Ultraschall werden die Schallwellen mit einer höheren Frequenz als 20 Kilohertz bezeichnet. Ultraschall Bestrahlung führt bei Menschen zu unbewußten Angstzuständen, Übelkeit, Kopfschmerzen, Muskelverkrampfungen, Ohrenklingeln und Ohrenpfeifen. Auch durch Lichtblitze im Frequenzbereich der Gehirnwellen, können diese in ihrer Frequenz beeinflußt werden, und so z. B. die Produktion von Alpha-Wellen erzwungen werden. Auch läßt sich bei empfindlichen Personen durch Lichtblitze in schneller Abfolge epileptische Anfälle auslösen. Daß die Geheimdienste aus diesen Erkenntnissen bei Verhören und Gehirnwäschen Nutzen ziehen, muß nicht extra betont werden. Als Psychologisch besonders wirksam haben sich in amerikanischen Tests infraschallüberlagerte Infrarotimpulse mit einer Frequenz von etwa 15 Hertz erwiesen. Von 100 Personen bekamen 70 Ohrensausen, Hörverlust und Augenflackern, 25 mußten sich übergeben und 5 bekamen epileptische Anfälle.

Mit sehr starken gepulsten Magnetfeldern lassen sich zum Beispiel Lichterscheinungen (Phosphene) im Dunkeln hervorrufen, die dadurch entstehen, daß die Nerven gereizt werden. Doch ist die Reichweite von entsprechend starken Magnetfeldern physikalisch auf wenige Zentimeter bis vielleicht einen Meter beschränkt.

Auch durch direkte elektrische Stimulation lassen sich Phosphene hervorrufen. Dabei wird über Elektroden an der Stirn und am Unterarm ein Strom von nur 0,4 Milliampere mit einer Frequenz von 30 Hertz zugeführt. Niederfrequente elektrische Felder, wie sie bei Hochspannungsleitungen oder Transformatoren auftreten, können Kopfschmerzen, Unwohlsein, Müdigkeit und Depressionen hervorrufen. Werden diese elektrischen Felder moduliert, so können sie Panikzustände auslösen, und können bei entsprechender Modulationsfrequenz auch gehört werden.

Bei der Beeinflussung durch hochfrequente elektromagnetische Felder unterscheidet man zwischen thermischer Wirkung (wie sie in der Mikrowelle auftritt) und nichtthermischer Wirkung. Die nichtthermischen Wirkungen von Mikrowellen sind jedoch weitaus tückischer. Dies gilt insbesondere für die gepulste Ausstrahlung von Mikrowellenenergie. Diese nicht-thermischen Effekte verursachen Herzrhythmusstörungen, Arm– und Beinkribbeln, rasche Ermüdbarkeit, nächtliche Schlafstörungen, hohe Schweißabsonderung, Schwindelgefühle und extreme Nervosität. Auch kann es zu generellen Störungen des vegetativen Nervensystems und der Gehirnnervenfunktion kommen. Durch die Stimulation der Nervenzellen kommt es zu Änderungen der Erregbarkeit, Abweichungen der Biopotentiale und zur Änderung der Weiterleitungsgeschwindigkeit von Anregungen. Durch die Ausbildung von stehenden Wellen innerhalb des Kopfes bei bestimmten Resonanzfrequenzen kann es zu vorrübergehenden Lähmungserscheinungen des Bewegungsapparates kommen. Durch Bestrahlung mit hochfrequenten elektrischen Wechselfeldern lassen sich Störungen der Bewegungsabläufe und der Sinne (Temperaturwahrnehmung, Tastsinn, das Sehen und die Wahrnehmung des gesehenen im Gehirn) hervorrufen. Schon relativ kleine hochfrequente Leistungsdichten können zu Koordinationsstörungen führen, wie sie sonst nur durch Alkoholaufnahme entstehen.

In naher Zukunft ist damit zu rechnen, daß gepulste Mikrowellenstrahlung auch zur Manipulation des Menschen eingesetzt wird. In den Labors der Geheimdienste wird daran zweifellos zielstrebig gearbeitet. Es ist dabei sicher keine abstrakte Überlegung, daß Gedanken und Steuerungsabläufe im Gehirn bei entsprechendem Impuls/Pause-Verhältnis in irgendeiner Weise manipuliert werden können. Eine Reihe von Versuchen scheinen diese Vermutung bestätigt zu haben. So wurde in den USA eine Studie durchgeführt, welche durch gepulste Mikrowellen erzeugte akustische Phänomene analysieren sollte. Auf Entfernungen von mehreren hundert Metern konnten bei entsprechender Modulation Geräusche innerhalb des Gehirns induziert werden. So war es zum Beispiel möglich, ohne Begleiterscheinungen, wie Schwindel oder Übelkeit laut empfundene Schlaggeräusche zu induzieren. Günther Wahl gibt auf Seite 75 eine Tabelle mit den Daten der verwendeten Sendern im Bereich zwischen 425 Megahertz und 2982 Megahertz.

Hohe Frequenzen lassen sich leichter übermitteln, als tiefe. Das Gehirn ist für entsprechend gepulste hochfrequente Strahlung so empfindlich, daß sich Töne noch bei Leistungsdichten von 3 Mikrowatt pro Quadratzentimeter übertragen werden können. Der Grenzwert für entsprechende Hochfrequenzfelder liegt in Deutschland bei 10 Milliwatt pro Quadratzentimeter, also ungefähr 300 mal höher! Dieser Wert orientiert sich an der Gefährdung durch Gewebeerwärmung, also thermische Effekte. In Rußland liegt der Grenzwert bei 10 Mikrowatt pro Quadratzentimeter und deckt somit auch die nichtthermischen Effekte ab. Wie aber kommt es zu den erwähnten Effekten von Hochfrequenzfeldern auf die Körperzellen?

Die Zellmembran arbeitet wie eine Gleichrichterdiode. Das heißt, daß die hochfrequenten Radiowellen beim Durchgang durch die Zellmembran gleichgerichtet und die aufmodulierte Information (z.B. Töne) demoduliert wird, wie es auch in normalen Radiogeräten geschieht. Und diese demodulierte Information besteht aus Strom und Spannungsschwankungen, die sich wiederum auf die Nervenzellen auswirken, da die Nervenzellen untereinander ja auch mit Strom und Spannungsschwankungen kommunizieren. In diesen Kommunikationsweg zwischen den Zellen wird also durch die hochfrequenten Elektromagnetischen Wellen eingegriffen.

Auch der Inhalt von Träumen soll sich durch Traummodulation, also wohl durch Übertragung von Information an das Gehirn während der rapid eye movement (REM) Phase beeinflussen lassen. So, wie man wohl auch jemandem etwas im Schlaf einflüstern kann, indem man das entsprechende Wort oder Wortkombinationen während der Traumphase wiederholt. Und das Opfer beschäftigt sich dann im Traum mit diesen Informationen. Zumindest eine Übertragung von Wissen, an die Zielperson ist wohl möglich, denn der Traum orientiert sich an dem, was der Zielperson vorgegeben wird. Auch eine Beeinflussung, in der Art, wie sie zum Beispiel auch durch gute Verkäufer in Geschäften geschieht ist wohl denkbar. Doch dürften die Übertragungsmöglichkeiten auf diese Art bei einmaliger Anwendung recht beschränkt sein, zumindest, wenn sie unbemerkt bleiben soll. Doch bei längerfristiger Anwendung ist ohne Zweifel eine stärkere Beeinflussung möglich, insbesondere deshalb, weil eigene Gedanken in Form von Träumen und manipulierte Träume nicht auseinander gehalten werden können. Es handelt sich hierbei also um eine Form der Gehirnwäsche. Auf Seite 70 gibt Günter Wahl eine Schaltung zur Traummodulation aus dem Jahre 1968 (!) an, mit der über Elektroden elektrische Impulse, die mit Sprache oder Musik moduliert werden, wohl von außen durch die Haut und den Schädel auf das Gehirn übertragen werden können.

Zu diesem Thema finden wir in Brockhaus´ Konversations Lexikon, Leipzig 1895 in Band 15 unter Traum : ...Die Sinne, deren Tätigkeit im Schlafe nicht ganz erlöschen, werden durch die ihnen entsprechenden Einflüsse angeregt. Wenn dieser Eindruck stark genug ist, um empfunden werden zu können, ohne die Erregung bis zum Erwecken zu steigern, so deutet dann die Phantasie denselben auf ihre Weise aus, webt ihn in den Traum hinein oder erzeugt aus ihm weitere Traumbilder. In dieser Art wird besonders das Gehör häufig zum Schöpfer von Traum. Und in Meyers Enzyklopädisches Lexikon, Mannheim,1978 : (Während der Traumphase) ist der Schläfer schwer weckbar, obwohl das Hirnstrombild (EEG) dem des Wachzustands ähnelt („paradoxer Schlaf „; (REM Phase)) und Außenreize (z.B. Weckerläuten) wahrgenommen bzw. in den Traum eingebaut werden.

Auch der Blutdruck läßt sich durch elektrische Impulse steuern. Die Karotis-Sinus-Nerven an der Halsschlagader können durch elektrische Stimulation dem Gehirn einen höheren Blutdruck vortäuschen. Das Gehirn senkt daraufhin den Blutdruck ab. Man kann also vermuten, daß sich der Blutdruck auch durch Bestrahlung mit Hochfrequenzfeldern beeinflussen läßt.

Durch die Gleichrichtung der gepulsten Hochfrequenzfelder können künstliche Nervenimpulse in der Stärke der natürlichen erzeugt werden, so daß die Verständigung zwischen den Nervenzellen gestört oder ganz verhindert wird. Bei einer Störung mit einer Impulswiederholrate von 500 Hertz würde es theoretisch zu einer Lähmung der Arme und Beine, wie bei einer Vergiftung mit dem Pfeilgift Curare, kommen. Die unbewußten, vegetativen Lebensfunktionen wie Atmung, Kreislauf und Drüsen lassen sich wohl nicht so leicht stören.

Und nun noch ein interessanter Satz : „Nach unbewiesenen Berichten sollen von unbekannten Flugobjekten (sogenannten UFOs) Frequenzen von circa 3 Gigahertz mit Impulswiederholraten von 600 Hertz und einer Impulsdauer von 2 Mikrosekunden ausgestrahlt werden.“ Man geht wohl nicht falsch in der Annahme, daß die Geheimdienste, vor allem in den USA, bei ihren verdeckten Operationen zur Tarnung gerne den Anschein erwecken, daß es sich um Außerirdische handelt, denn jeder, der nachher von seinem Erlebnis berichtet (also, daß er Außerirdischen begegnet ist) macht sich natürlich in der Regel lächerlich und unglaubwürdig. Auch können Geheimdienste und Regierung natürlich jede Verantwortung für das Handeln von „Außerirdischen“ ablehnen. Man könnte auch spekulieren, daß den Geheimdiensten oder der Regierung unliebsame Personen absichtlich für einige wenige Stunden von diesen angeblichen „Außerirdischen“ entführt werden... Eine elegante Lösung, um unliebsame Untertanen zu beschäftigen, auszuschalten und somit ruhig zu stellen.

Auch das Militär interessiert sich für elektromagnetische Waffen, was ein Satz aus dem Buch „Lizenz zu Töten?“ (1997, S. 284) von Jürgen Grässlin belegt: „Der Rüstungsspezialist der Bundeswehr blickt optimistisch in die Zukunft, denn Heckler und Koch hat sich "bereits Gedanken gemacht", wie "eine Waffe nach der Jahrtausendwende aussehen könnte". Von neuen Materialien über neue "Wirkmethoden wie Energie in Form von Laser, Millimeterwellen, Mikrowellen und Akustischen Wellen" kann sich der Bundeswehroffizier alles vorstellen“.

Durch radioaktive und Röntgenstrahlung kommt es akut zu Störungen des Blutbildungssystems im Knochenmark, sowie zu Fehlabläufen im Wasser und Elektrolythaushalt einschließlich des Versagens der Schleimhäute. Erste Anzeichen einer Überdosis Strahlung sind Übelkeit und Erbrechen. Danach kommt es zu einer Schwächung des Immunsystems, also einer Erhöhung der Anfälligkeit gegen Krankheitserreger. Spätschäden sind Tumorbildung, beschleunigter Alterungsprozeß und genetische Schäden. In der DDR hat man sehr wahrscheinlich Dissidenten, mit denen man inhaltlich nicht fertig wurde, und die man auch nicht für lange Zeit im Gefängnis verschwinden lassen konnte, weil sie zu bekannt waren, mit Röntgenstrahlen verstrahlt. An den Spätfolgen dieser Verstrahlung ist beispielsweise Jürgen Fuchs am 10. Mai 1999 im Alter von 48 Jahren verstorben. Erich Mühsam hat man noch totschlagen und seinen „Selbstmord“ bekanntgegeben müssen.

Nach dieser Betrachtung über die vielen Möglichkeiten der ferngelenkten Beeinflussung von Menschen durch Wellen aller Art braucht sicher nicht besonders darauf hingewiesen zu werden, daß auf diesem Forschungsgebiet ein stetiger Wettkampf zwischen westlichen und östlichen Geheimdiensten stattfindet. Und nun wird es interessant. In der TAZ vom 14. April 1992 finden wir folgenden Artikel von Heide Platen : „Elektromagnetische Wellen als tödliche Waffe“:

„Das US-Militär entwickelt eine Mikrowellenpistole, die schwere körperliche Störungen und Herzstillstand verursacht. Die Mikrowellenpistole ist keine Erfindung von Science-fiction-Autoren. Amerikanische Forscher gehen davon aus, daß so eine Waffe vor allem beim „Low Intensity Conflict“, also im Bürger- und Guerillakrieg, eingesetzt werden könnte. Daß es sie praktisch schon gibt, zumindest als Prototyp, behaupten Wissenschaftler derzeit nur unterderhand. Sie gehört in den Bereich der „nichttötlichen Waffen“, an denen amerikanische Militärforscher seit Jahren herumlaborieren. Fachzeitschriften berichteten Anfang des Jahres, die Untersuchungen „auf dem Gebiet der Mikrowellenstrahlung“ seien am weitesten fortgeschritten. Es sei denkbar, so das U.S. Army Laboratory Command in Adelphi, Maryland, den potentiellen Gegner mit Mikrowellen außer Gefecht zu setzen, ohne ihn gleich umzubringen. Die Waffe könne physische und psychische Störungen, Sinnestäuschungen, Bewußtlosigkeit, Sehstörungen, Übelkeit und andere Beschwerden auslösen. Bei weiter Streuung könnten auch große Menschengruppen lahmgelegt werden.

Die Mikrowellenpistole wäre, berichtet ein Techniker, dagegen die kleine Variante zum Einzeleinsatz. Sie kann mit geringerer Leistung betrieben werden, als ein gewöhnlicher Mikrowellenherd. Da sie die Strahlung bündelt, kann sie, zielgerichtet eingesetzt, einen Herzstillstand erzeugen und wandelt sich damit im Grenzbereich der Definition zu einer tödlichen Waffe. Mikrowellen sind elektromagnetische

Wellen von zirka einem Gigahertz und höher. Sie können, je nach Feldstärke, drei unterschiedliche biologische Wirkungen haben. Durch die „thermische Zerstörung der Zellen“ wird zum Beispiel das Brathähnchen im Mikrowellenherd gar. Bei geringerer Intensität beeinflussen sie das elektrobiologische Leitungssystem des Organismus, das durch Ionenladungen auf den Zellwänden gebildet wird, stören also nachhaltig die Zellkommunikation. Die Wirkung kann von Übelkeit und Desorientiertheit über Herzkammerflimmern bis zum Herzstillstand reichen. In der dritten bekannten Kategorie ist die noch geringere Feldstärke erfaßt. Sie führt langfristig bei dafür disponierten Personen, vor allem alten Menschen, Kindern und Schwangere, zum „Elektrostreß“. Amerikanische Forscher hatten seit vielen Jahren auf erhöhte allgemeine Krankheits- und Krebsanfälligkeit bei Menschen hingewiesen, die an ihrem Arbeitsplatz häufig elektromagnetischen Feldern (EMF) ausgesetzt sind.

Die Erkenntnisse der Militärforscher und die Ergebnisse ihrer Experimente decken sich haargenau mit jenen, die der Biophysiker Dr. Andras Varga vom Hygienischen Institut in Heidelberg längst vorlegte, allerdings im zivilen Bereich. Diese seien, sagte Varga, vor allem von westlichen Kollegen lange heruntergespielt und belächelt worden. Seine letzte Versuchsanordnung ist so einfach wie genial. Er setzte insgesamt 1620 befruchtete Hühnereier im Brutkasten Mikrowellen verschiedener Frequenzen und Intensitäten aus. Das Ergebnis: Küken mit verbogenen, verkrüppelten Beinen und deformierten Schnäbeln. Diese Schädigungen an den Hühnerembryos traten bei Leistungsdichten von 1,5 Milliwatt (mW) Strahlung pro Quadratzentimeter Fläche auf. Der gesetzliche Grenzwert liegt derzeit in der Bundesrepublik bei 2,5 mW (*Anmerkung: der Grenzwert liegt bei 10 mW*). Varga: „Das ist tödlich. Das tötete alle meine Küken.“ Er hält schon Werte über 0.15 mW für bedenklich. Inzwischen werde aber mehr auf seine Erkenntnisse gehört: „Die Leute haben Ohren bekommen.“ (...)

Die Diskussion um die elektromagnetische Strahlung ist, wie auch Andras Varga betont, eigentlich längst überfällig. Daß die westlichen Grenzwerte zu hoch seien, hatten Wissenschaftler aus der Sowjetunion schon Mitte der 60er Jahre behauptet. Dies rief damals einen empörten westlichen Protest hervor. Diese Erkenntnis hätte schließlich, aus welchem Interesse auch immer gewonnen, weitreichende Folgen für Militär, Geheimdienste (!), und Elektrokonzerne gehabt. Die brisante Mischung unsichtbarer Strahlen, umstrittener Forschungsergebnisse, geheimdienstlicher und militärischer Interessen führte auch immer wieder in die Irre menschlicher Randphänomene. Strahlengeschädigte wurden als „Spinner“ behandelt.“

Im folgenden geben wir einen Auszug aus dem Buch „Mir geht's gut bei jedem Wetter" wieder. Es ist doch immer wieder erstaunlich, was alles über die Anwendung von Strahlenwaffen durch die Geheimdienste veröffentlicht ist.

Mir geht´s gut bei jedem Wetter

Norbert Treutwein, München 2000

(Seite 49) **Wie Strom auf das Gehirn wirkt**
(...) Wissenschaftler (...) die sich mit der Entwicklung von Technologien für militärische Zwecke befassen, (sind) weniger zurückhaltend und skeptisch. Schon in den dreißiger Jahren des 20. Jahrhunderts experimentierten sie mit der Wirkung von schwachen elektrischen Impulsen auf das Gehirn von Lebewesen. Anfangs wurden für diesen Zweck noch feine Elektroden in das Gehirn der Versuchstiere und menschlichen Versuchspersonen eingeführt, um den Stromimpuls an die richtige Stelle zu führen. Auf diese Weise gelang es, alle möglichen Reaktionen und Gefühle hervorzurufen.
Der amerikanische Geheimdienst CIA berichtete im April 1961 von einer vielversprechenden Waffe, indem nämlich elektrisch ferngesteuerte Hunde als Träger von Bomben in Feindgebiete geschickt werden sollten.
Ein amerikanischer Psychologe, Dr. José Delgado von der Yale Universität, legte Ende der neunziger Jahre in einem Buch die Ergebnisse der bis dahin dreißigjährigen Forschung auf diesem Sektor nieder. Danach war es zum Beispiel möglich, durch Elektrostimulation die Atemfrequenz und den Herzschlag zu beeinflussen – bis hin zum Herzstillstand -, und selbst die Funktion innerer Organe konnte verändert werden, beispielsweise die Sekretbildung der Gallenblase.
Mit Hilfe von Stromimpulsen konnten bei Menschen Stirnrunzeln und Kauen, Gähnen und Einschlafen, das Öffnen und Schließen von Augen und Mund, aber auch epileptische Anfälle hervorgerufen werden.
Selbst vor dem menschlichen Geist machten die Experimente nicht Halt. Wurde bei einer weiblichen Versuchsperson die Gehirnzone, in der die Wut lokalisiert ist, mit Hilfe von schwachen Strömen erregt, hörte die Frau sofort auf, ihre Gitarre zu spielen. Sie nahm vielmehr ihr Instrument und zerschmetterte es an der Wand.
Je stärker der Stromimpuls, desto heftiger waren die erfolgenden Reaktionen, berichtete Delgado. Stimulierte man beispielsweise das limbische System – das ist der Teil des Gehirns, in dem Stimmungen und Gefühle sowie Merk- und Lernfähigkeit gesteuert werden -, wurden die Testpersonen unaufmerksam, sie konnten nicht mehr richtig denken, sie zogen ihre Kleider aus oder die tappten ziellos umher. Sobald die Stromimpulse aufhörten, waren sie wieder ganz die Alten, konnten sich aber an überhaupt nichts erinnern.
Delgado selbst trat wirkungsvoll an die Öffentlichkeit in einer Szene, in der ein wütender Stier auf ihn losging (dem allerdings Elektroden ins Gehirn gepflanzt worden waren). Erst im allerletzten Augenblick machte Delgado von seinem Stromsteuergerät, einer kleinen, schwarzen Box, Gebrauch: Der Stier blieb mitten in der Attacke, wie vom Donner gerührt, stehen.
Delgado forderte seinerzeit in seinem Buch, die neue Technologie solle ausschließlich für die Hände von Wissenschaftlern und Ärzten zum Nutzen und Wohle der Menschheit bestimmt bleiben.
Aber es kam natürlich anders.

Strom stoppt die Hormone

Inzwischen werden zwar auch positive Wirkungen berichtet, wie etwa die Anwendung der Elektrostimulation bei Blinden, denen währenddessen die Blindenschrift beigebracht wurde. Der Lernprozeß wurde durch die Elektrostimulation in verblüffender Weise beschleunigt.
Aber im wesentlichen ging die Entwicklung in eine andere Richtung. In die Richtung einer Welt nämlich, in der jeder menschliche Gedanke, jedes Gefühl mit Hilfe der elektrischen Stimulation kontrolliert werden könnte. Es ist nicht bekannt, in wie viel tausenden von Fällen dies tatsächlich geschehen ist. Denn längst benötigt man keine Elektroden mehr, die ins Gehirn eingepflanzt werden müssen. Diese Technologie ist nämlich mittlerweile drahtlos geworden.
Alles begann mit der Erkenntnis, dass elektromagnetische Wellen im Gehirn einen Stromfluß auslösen können Diese Wellen bewirken nicht nur schwache elektrische Ströme im Gehirn, sie hemmen oder fördern darüber hinaus auch die Bildung von chemischen Botenstoffen im Gehirn.

1989 berichtet Paul Tyler, der Leiter des „U.S. Navy Electromagnetic Radiation Project“, über die Abnahme der Produktion von Botenstoffen und Hormonen wie Noradrenalin, Serotonin und Dopamin unter dem Einfluß eines elektromagnetischen Feldes. Noradrenalin zählt zu den Stresshormonen, die in Sekundenschnelle die Herz-Kreislauf-Funktion steigern oder senken und das Gehirn in Alarmzustand versetzen. Dopamin ist eine Vorstufe der Stresshormone Adrenalin und Noradrenalin. Serotonin reguliert Schlaf und Körpertemperatur, hat aber auch eine Wirkung auf die Blutgerinnung. Indem solche Botenstoffe verstärkt produziert oder gehemmt werden, kann natürlich das Gefühlsleben eines Menschen drastisch beeinflußt werden. Beispielsweise können bei Soldaten beim Kampf an der Front „Wurstigkeitsgefühle“ oder „Alarmbereitschaft“ ausgelöst werden.
Die Möglichkeit der direkten Beeinflussung der menschlichen Körperchemie wies der Wissenschaftler Ross Adey bereits 1974 nach: Mit Mikrowellen regte er Nervenbahnen dazu an, mehr Kalziumionen als normal abzusondern. Die militärische Bedeutung dieses Mechanismus ist ebenso einfach wie teuflisch: Der Verlust von Kalzium in den Nerven führt beim Betroffenen zwangsläufig zur Veränderung der Gehirn- und Nervenfunktionen, etwa zur Unfähigkeit, komplizierte Aufgaben zu lösen und zu veränderten Schlafmustern.
Die Weltgesundheitsorganisation WHO listete schon 1981 Wirkungen auf, die von elektromagnetischer Strahlung ausgelöst werden können: Beeinflussung der Drüsenfunktionen, Veränderung der Blutchemie, Schädigung der Augen, etwa durch Trübung der Linse, Veränderungen der Erbinformationen, Beeinflussung der Entwicklung von Lebewesen.
Letztere Feststellung wurde erhärtet durch Versuche, bei denen Wissenschaftler durch elektromagnetische Strahlung die Zellteilung bei Lebewesen verhinderten.

Strom verstärkt die Wirkung von Gift

Aufhorchen ließ die Militärs ein Versuch, bei dem nachgewiesen werden konnte, dass Ratten weniger anfällig waren für Lähmungsgifte, wenn sie zuvor zwei Wochen lang einer schwachen Mikrowellenstrahlung ausgesetzt worden waren.
Auf diese Weise könnte man Truppen sogar gegen bestimmte Gifte immunisieren. Aber es müsste umgekehrt auch möglich sein, durch Bestrahlung die Zivilbevölkerung oder feindliche Soldaten empfindlicher für Gifte zu machen. Im Kriegsfall könnte man den Feind heimlich unter Bestrahlung nehmen. Dann könnten bestimmte schädliche Substanzen ins Trinkwasser gegeben oder in die Atemluft gesprüht werden. Der bestrahlte Feind würde daran zugrunde gehen, die unbestrahlte eigene Bevölkerung könnte die Giftattacke unter Umständen relativ schadlos überstehen.
Wie wir sehen, müsste zu den klassischen chemischen und biologischen Waffen neuerdings auch noch die Kategorie der elektrischen hinzugefügt werden.
Eine weitere gefährliche Variante der Feindbekämpfung wurde aus der Erkenntnis entwickelt, dass unter Bestrahlung durch Radiowellen die so genannte Bluthirnschranke außer Kraft gesetzt werden kann.
Unter Bluthirnschranke wird eine Schutzbarriere verstanden. Gifte oder Krankheitserreger können deshalb mit dem Blut nicht ins Gehirn aufsteigen. Das erschwert beispielsweise auch die Behandlung von Krankheiten des Gehirns durch Medikamente, da diese nur zu einem Bruchteil die Bluthirnschranke passieren. Wird diese Barriere jedoch durch elektrische Beeinflussung aufgehoben, ist es auch möglich, über den Körper Gifte ins Gehirn einzuschleusen.

Strom statt Psychopharmaka

Paul Tyler vom „Radiation Project“ der amerikanischen Marine gab in einem Interview mit dem US-Magazin „Omni“ zu: „Viele Dinge, die man bisher mit chemischen Mitteln macht, könnten genauso gut mit Hilfe von Elektrizität bewerkstelligt werden. Mit dem richtigen elektromagnetischen Feld könnte man beispielsweise die gleichen Wirkungen erzielen wie mit Psychopharmaka.“
Tatsächlich haben russische, polnische und tschechische Wissenschaftler dokumentiert, dass mit Hilfe von Mikrowellen starke Körperreaktionen hervorgerufen werden können: Dazu zählen zum Beispiel Kopfschmerzen, Müdigkeit, körperliche Schwäche, Benommenheit, Stimmungsänderungen, geistige Verwirrung und Schlaflosigkeit. Damit ist die Liste der Möglichkeiten aber bei weitem nicht komplett. Bestimmte Mikrowellen waren in der Lage, bei Ratten Atembeschwerden hervorzurufen, die sogar bis zum Erstickungstod führten. Mit elektromagnetischen Impulsen gelang es dem russischen Wissenschaftler Alexander Presman – einem Pionier auf dem Felde der Beeinflussung von Lebewesen durch Elektrizität – bei Testpersonen die Wahrnehmung von Lichtsignalen hervorzurufen.

Wenn Taube Stimmen hören
Auch das Gehör ist durch Elektrizität beeinflussbar. Schon in den sechziger Jahren wurden erfolgreich Versuche unternommen, mit Hilfe elektromagnetischer Strahlung Geräusche oder Worte auf Versuchspersonen zu übertragen. Das funktionierte unter Umgehung des mechanischen Gehörs, denn auch taube Versuchspersonen konnten die ausgesandten Signale deutlich „hören“.
Diese Übertragung von Signalen ist offenbar von den Geheimdiensten mittlerweile perfektioniert worden. 1989 berichtete der TV-Sender CNN über den Einsatz solcher „Waffen“ gegenüber Palästinensern. Bei einer Gerichtsverhandlung gegen zwei palästinensische Terroristen in Berlin widerriefen beide Angeklagte ihr Geständnis, das ihrer Aussage nach unter dem Einfluß von Mind-Control-Geräten erzwungen worden war. Einer der beiden sagte, er könne sich an den Inhalt seines Geständnisses in keiner Weise erinnern, da er zum fraglichen Zeitpunkt „nicht er selbst“ gewesen sei. Der andere Angeklagte berichtete von Stimmen, die in ihre Gefängniszellen gebeamt worden seien und die ihr Gehirn gelähmt hätten.

Gehirnwäsche beim Moskauer Putsch

Igor Smirnov ist einer der eingeweihten Russen, die ins Ausland geflüchtet sind. Ergelangte 1994 in die USA. Zuvor war er am Moskauer Institut für Psycho-Korrektur tätig gewesen, das sich unter anderem mit Therapien für Drogensüchtige befasste. Smirnov berichtete von einem Gerät, mit dessen Hilfe Gedanken in die Gehirne von Menschen eingepflanzt und dadurch deren Verhalten verändert werden könne.
„Die Russen sind in der Lage, das menschliche Verhalten zu steuern“, erklärte Smirnov. Dem pflichtete sein Landsmann Victor Sedletski von der „Liga der unabhängigen Wissenschaftler der Sowjetunion“ uneingeschränkt bei. In der Prawda beteuerte er 1991 daß in Kiew so genannte „psychotronische Biogeneratoren“ zur Gedankenkontrolle in Serie hergestellt würden. Solche Biogeneratoren beeinflussen vor allem die linke und die rechte Hälfte der Großhirnrinde. Wie Sedletzki sagte, habe er eigenhändig einen solchen Generator konstruiert.
Sedletzki ließ auch durchblicken, dass während des gescheiterten Putsches gegen Gorbatschow im August 1991 solche Geräte eingesetzt worden seien. Wegen Ignoranz in der Anwendung dieser Methode sei der Putsch jedoch fehlgeschlagen: Die Putschisten hätten ihren Soldaten, die einer Gehirnwäsche unterzogen worden waren, nicht erlauben dürfen, sich unter die Bevölkerung zu mischen. Das habe die Steuerung durch die Generatoren zunichte gemacht, weil sich die Soldaten durch die Fremdeinflüsse nicht mehr auf ihre Aufgabe konzentrieren konnten.
Die Amerikaner sind, wie zu erwarten, auf dem gleichen Feld ebenfalls nicht untätig geblieben. In CIA-Kreisen kursiert ein Witz, der bezeichnend ist für den Stand der amerikanischen Mind-Control-Technologie: „Wenn du die natürliche Frequenz für den Schließmuskel eines Menschen herausfindest, kannst du diesen dazu bringen, den Raum sehr eilig zu verlassen.“
Das Geheimnis all dieser Vorgänge: Das menschliche Gehirn reagiert immer nur auf elektrische Impulse, die der biologischen Funktion exakt entsprechen.
Das „Microwave Research Department at the Walter Reed Army Institute“ unterteilte die Forschung über die Wirkung der Mikrowellen in vier Bereiche:

1. Effekte, die den Gegner auf der Stelle körperlich schwächen
2. Effekte, die durch Gehörimpulse stimulieren
3. Effekte, die die Tätigkeit lähmen (Hemm-Effekte)
4. Effekte, die Einfluss nehmen auf Stimmung und Verhalten

Die Amerikaner waren es auch, die herausfanden, dass bei den Wirkungen im Gehirn nicht allein der elektrische Impuls eine Rolle spielt, der sich in Nervenbahnen bewegt; dieser Reiz löst vielmehr zusätzlich elektromagnetische Wellen aus, die in den benachbarten Nervenenden (Neuronen) und in den Zellen entstehen, die diese umgeben. Wissenschaftler haben derartige Ströme mit Hilfe von Mikroelektroden in der zellumgebenden Flüssigkeit messen können.

Der drahtlose Herzschrittmacher

Amerikanische Konstrukteure haben übrigens Ende der achtziger Jahre einen „drahtlosen Herzschrittmacher und Schmerzlöser“ unter der Nummer 4.889.526 zum Patent angemeldet. In der Beschreibung hieß es: „Die Erfindung stellt eine nichtinvasive Methode dar. Durch Aussendung magnetischer Impulse, die biologisches Gewebe und damit alle Bereiche des Körpers durchdringen, werden die Bereiche des Mittelhirns und des Hypothalamus stimuliert, die das Herz beziehungsweise den Schmerz steuern. Insgeheim stellten die Amerikaner noch ganz andere Apparaturen her. Während die Russen an Waffen bastelten, die in der Lage waren, den Feind mit Hilfe von starken Mikrowellen regelrecht zu kochen, arbeiteten amerikanische Konstrukteure an Waffen, die schwache magnetische Felder einsetzten.
Auf der einen Seite berichteten amerikanische Magazine wie der „Enquirer“: „Russland steckt tief in der Entwicklung von Methoden, die die Mikrowellen benutzen, um Krankheiten auszulösen, den Verstand der Menschen unter Kontrolle zu bringen und Menschen zu töten.“ Zum Beweis wurde ein Versuch zitiert, bei dem es gelang, mit Mikrowellen den Herztod bei Fröschen herbeizuführen. Andererseits berichtete der Physiker E. Del Giudicce von der Universität Mailand über die Möglichkeit, mit Elektromagnetismus bei Lebewesen Blutgerinsel hervorzurufen. Die elektrischen Wellen nehmen nach Giudicces Darstellung Einfluß auf das Fibrinogen (eine wichtige Komponente der Blutgerinnung) und fördern dadurch das Zusammenkleben der Blutplättchen. Das kann zu einem Blutgerinsel, also einer Embolie und damit zu einem Herzinfarkt oder Schlaganfall führen.

Angst vor dem ferngesteuerten Infarkt
Kein Wunder, wenn sich einer der Söhne des irakischen Diktators Saddam Hussein in der Bagdader Zeitung „Babel“ öffentlich beschwerte: Die amerikanischen Geheimdienste versuchten, seinen Vater zu töten, indem sie mit Hilfe von „Psychotronics and Biocommunication“ ferngesteuert ein Blutgerinsel im Herzen oder Gehirn seines Vaters bewirken wollten.
Dass es sich bei alldem nicht um komplette Sciencefiction und auch nicht um schlechte Witze handelt beweist das Zitat des Wissenschaftlers Samuel Kosov, der an der berühmten Johns Hopkins Universität in Baltimore /USA tätig ist und der die Schlussrede bei einer wichtigen amerikanischen Konferenz über die „Nonlinear Electrodynamics in Biological Systems“ hielt: „Die Konferenz hat gezeigt, dass elektrische Felder ein Schlüsselinstrument zur Kontrolle lebender Zellen darstellen. Ihre Möglichkeiten in sozialer, ökonomischer und militärischer Hinsicht sind unermesslich. Das, was wir hier gehört haben, ist für unsere Nation nicht weniger bedeutsam als die Aussichten, die sich im Jahr 1939 für die Physiker ergaben, denen die lange angekündigte Spaltung des Atomkerns endlich konkret demonstriert werden konnte.“
Natülich fehlen auch nicht die kritischen Stimmen: „Keiner redet von der Möglichkeit, dass diese Technologie zu Morden eingesetzt werden kann, was von keinem Gericht jemals beweisbar wäre“, hieß es.
Es redet auch keiner davon, dass Menschen an Herzanfällen oder Embolien sterben, dass Menschen in geistiger Verwirrtheit dumpf vor sich hinleben könnten, dass Menschen an unerträglichen Schmerzzuständen oder Atembeschwerden leiden oder unfähig werden könnten, jemals wieder einer ordentlichen Arbeit nachzugehen.
Eines beweisen uns die hier dargelegten Fakten: Wir müssen die Wirkungen der Elektrizität auf den Körper ernster als bisher nehmen. Die Militärs und Geheimdienste tun es schließlich auch.

Messung des Blutdrucks und die Folgen

Mit Hilfe von Radar ist es möglich den Blutdruck, wenn auch nicht in absoluten Zahlenwerten, so doch zumindest in seiner relativen Zu- oder Abnahme zu messen. Ein Bericht über ein praktikables Verfahren findet sich in: "Microwave noninvasive sensing of physiological signatures" von James C. Lin, abgedruckt in: Electromagnetic Interaction with Biological Systems, James C. Lin auf Seite 21f:

"*Ein Beispiel für die Messung der Form der Pulswelle der Halsschlagader mit Mikrowellen der Frequenz 25 GHz bei einem Patienten zeigt Bild 11 zusammen mit dem direkt in der Ader gemessenen Druckverlauf. Sender und Empfänger waren in Kontakt mit dem Körper. Beachtenswert ist die übereinstimmende Charakteristik der direkten Druckmessung und der indirekten Messung mit Hilfe von Mikrowellen. Da die Mikrowellenmessung auf der Auswertung von Bewegungen beruht, zeigt das verwendete ungepulste Gerät auch andere Bewegungen im Gebiet der Messung an. In Bild 11 findet sich in der Messung mit den Mikrowellen vor jedem Pulsschlag ein charakteristischer Anstieg (durch Pfeile markiert) der in der direkten Druckmessung nicht vorhanden ist. Dieser Unterschied zur direkten Druckmessung wird durch die Ausdehnung der Venen beim Zurückströmen des Blutes verursacht.*

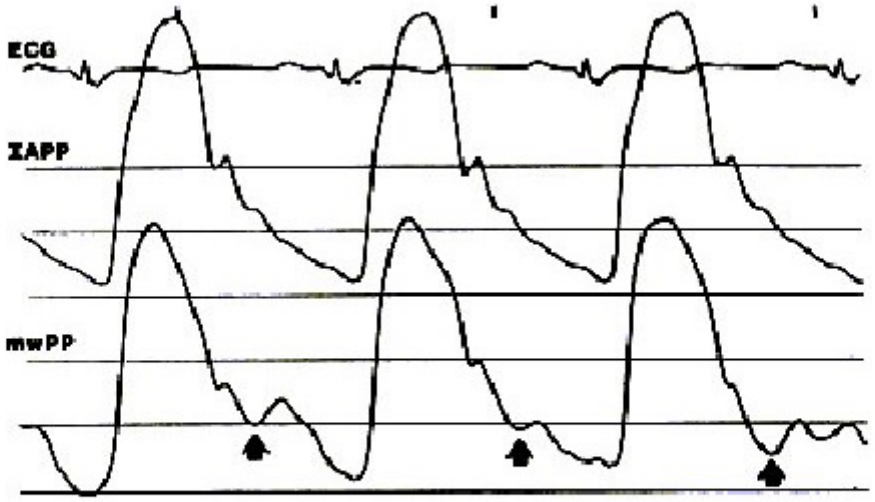


Fig. 11. Comparison of Doppler microwave pulse (mWPP) and intra-aortic pressure pulse (IAPP) waveform. Note the jugular venous expansion artifact (beginning of arrow) in the microwave tracing (Papp et al., 1987).

(...) *Die mit dieser Mikrowellentechnik gewonnenen Druckwellen können keine absoluten Werte geben, da sie auf der relativen Ausdehnung der gemessenen Arterie beruhen. Wenn also Mikrowellendoppler alleine verwendet wird, können keine Aussagen über die Zahlenwerte von systolischem oder diastolischem Blutdruck gemacht werden. Aber das Gerät kann zusammen mit einem automatischen Blutdruckmessgerät verwendet werden, das dann die notwendige Kalibrierung für die aufgezeichnete Druckwellen liefert.*"

Wie man sieht, ist es also prinzipiell möglich, den Blutdruck mit Radar zu messen, wenn auch in diesem Fall eine sehr hohe Frequenz von 25 GHz verwendet wurde, die nur eine geringe Eindringtiefe hat. Außerdem befanden sich in diesem Fall Sende- und Empfangsantenne direkt an der Körperoberfläche.

Zu diesem Themenbereich findet sich in dem Buch "Waffentechnische Kuriositäten" von Günter Wahl, Schwäbisch Hall 1990 auf Seite 75 folgende Aussage:
"*Außer den Herzschrittmachern gibt es heute schon automatische Nervenschrittmacher. Der Nervenschrittmacher wird unterhalb des Schlüsselbeins implantiert. In der unmittelbaren Nähe der Karotis-Sinus-Nerven an der Gabelung der Halsschlagader werden zwei Platin-Reizelektroden*

befestigt, welche vom Nervenschrittmacher angesteuert werden. Bei elektrischer Reizung senden die Nerven zusätzliche bioelektrische Impulse aus, welche die Wirkung der Karotis-Sinus-Nerven auf das Kreislaufzentrum verstärken. Damit wird ein höherer Blutdruck vorgetäuscht. Die Kreislauf-Regelzentrale im Gehirn sorgt daraufhin für eine automatische Absenkung des Blutdrucks. In Abhängigkeit von der Herzschlagfolge und dem Blutdruck wird so die Stimulation der Karotis-Sinus-Nerven geregelt."

Wenn der Blutdruck durch elektrische Impulse beeinflusst werden kann, so ist es auch möglich diese Impulse drahtlos durch Hochfrequenzpulse auf den Körper zu übertragen. Über die prinzipielle Beeinflussbarkeit des Blutdrucks durch den Einfluß von Hochfrequenzstrahlung berichtete bereits im Jahre 1937 Maria Apel in ihrer Dissertation mit dem Titel: "Beeinflussung des Blutdrucks durch Kurzwellen", die sie ebenfalls auf dieser Internetseite finden können. Auch an anderen Stellen wird immer wieder auf die Beeinflußbarkeit des Blutdrucks durch Hochfrequenzstrahlung hingewiesen.
Es ergibt sich also aus diesen Daten prinzipiell die Möglichkeit, den Blutdruck mit Radiofrequenzwaffen zu beeinflussen und gleichzeitig die entstehende Blutdruckänderung zu messen.

Messung des Herzvolumens und die Folgen

Um 1970 herum wurden Versuche von amerikanischen Wissenschaftlern veröffentlicht (Curtis C. Johnson, Arthur W. Guy: "Nonionizing Electromagnetic Wave Effects in Biological Materials and Systems" in: Proceedings of the IEEE, Vol. 60, No. 6, June 1972), in denen sie die Anwendbarkeit der 10 Jahre vorher von Moskalenko veröffentlichten Methode zur Messung von Volumenänderungen des Herzens nachvollzogen. Daraus folgender Ausschnitt:

"(S.708) *Moskalenko hat* (In den Aufsätzen "On the application of centimeter radio waves for non-contact recording of changes in volume of biological specimens" und "The use of ultra-high frequencies in biological research", die beide auf dieser Internetseite zu finden sind) *Methoden zur Bewertung der Änderungen in der Reflektion und Durchleitung von Kurzwellen und Mikrowellen, die durch wichtige Parameter wie Änderungen des Blut- oder Atemvolumens verursacht werden, angegeben. Guy hat die Durchführbarkeit von Moskalenkos Methode gezeigt, in dem er den Leistungsverlust eines Mikrowellenstrahls mit einer Frequenz von 915 MHz beim Durchgang durch den menschlichen Brustkorb gemessen hat. Bild 23 zeigt daß die Änderungen des Verlustes des Mikrowellenstrahls proportional sind zur Volumenänderungen der Herzkammern.*

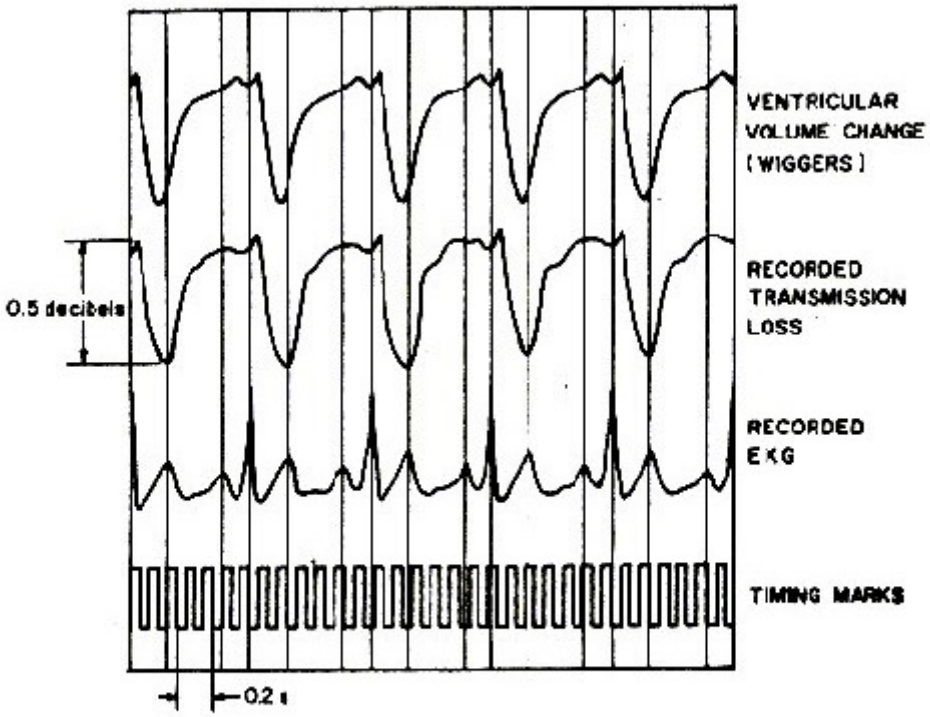


Fig. 23. Comparison of cardiac ventricular volume change with recorded microwave transmission loss through chest cavity.

Der Herzschlag lässt sich auch mit anderen Frequenzen ausmessen. 1989 findet sich in dem Buch "Electromagnetic Interaction with Biological Systems" von James C. Lin auf Seite 20 Informationen zu einer Veröffentlichung desselben Autors aus dem Jahre 1979: "*Messungen in Richtung der Herzspitze mit Mikrowellen von 2,45 GHz zeigen enge Übereinstimmung mit dem Blutfluß in der linken Herzkammer. Hierbei wird mit einer Antenne, die sich einige Zentimeter oberhalb der Herzspitze befindet, das reflektiert Dopplersignal aufgefangen. Bild 10 zeigt ein Beispiel für die Messung der Bewegung der Herzkammer mit Mikrowellen bei einem gesunden jungen Mann, der während der Messung den Atem anhielt, sowie das gleichzeitig aufgezeichnete EKG und die Herztöne.*"

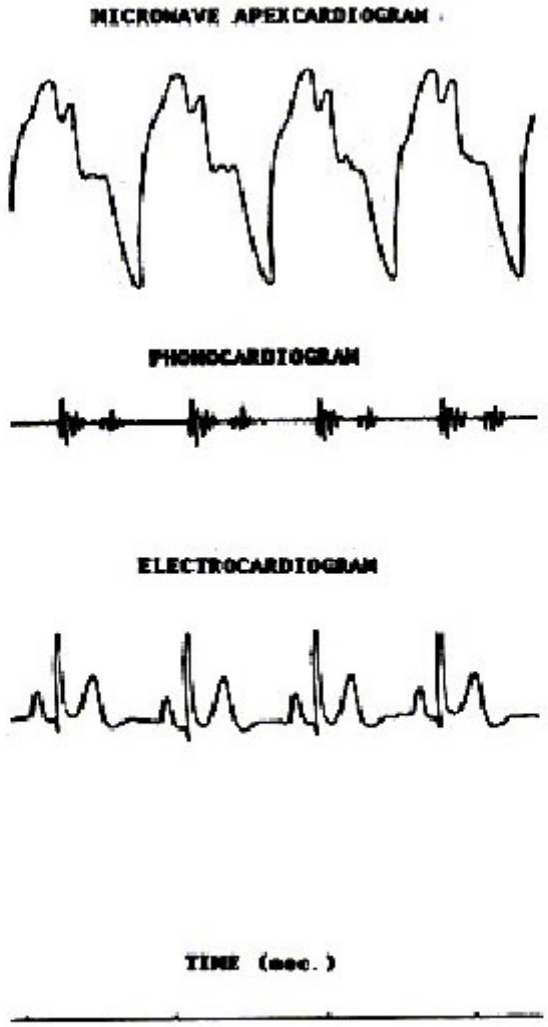
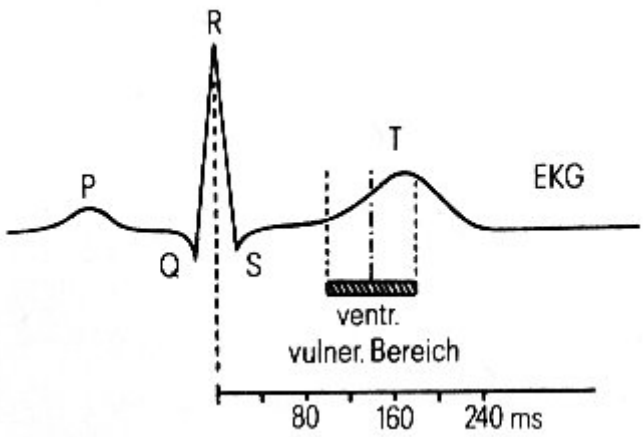


Fig. 10 The microwave apexcardiogram – microwave sensed ventricular movement (Lin et al., 1979).

In dem Bild wird die Übereinstimmung zwischen dem Herzschlag und dem Elektrokardiogramm deutlich. In diesem Zusammenhang sollte unbedingt beachtet werden, dass durch entsprechende Hochfrequenzpulse zum richtigen Zeitpunkt der Herzschlag beeinflusst werden kann, so wie es auch bei einem Herzschrittmacher geschieht.

Dazu finden sie den Bericht von A.H. Frey und E. Seifert: "Pulse modulated UHF illumination of the heart assiciated with change in heart rate" in: Life Sciences Vol. 7, p 505-512, 1968 ebenfalls auf dieser Seite.
"*Bei der Bestrahlung des Herzens 200 Millisekunden nach der P Welle, also zu der Zeit in der bei unserem Experiment der QRS Komplex auftrat, nahm die Frequenz des Herzschlages zu. (...) In der Hälfte der Fälle kam es in Verbindung mit der Bestrahlung zu Arhythmien. Gelegentlich hörte das Herz nach einer Zeit der Arrhythmie auf zu schlagen.*"

Nach dem Buch „Kompendium der Elektromedizin“ von Heinz Kresse, 2. Auflage Berlin 1978, S.153 f wird Elektroschock bei Herzkammer- oder Vorhofflimmern angewendet. Dabei werden alle Nerven und Muskelzellen zur gleichen Zeit stimuliert, damit sie wieder gleichmäßig arbeiten. Wenn diese elektrische Reizung aber zum falschen Zeitpunkt in der vulnerablen Phase des Herzens, nämlich 80 bis 180 Millisekunden nach der R-Zacke stattfindet, kann sie selber Kammerflimmern auslösen.



Aus: „Kompendium der Elektromedizin“ von Heinz Kresse, 2. Auflage Berlin 1978, S.154

Der Grund für diese Empfindlichkeit des Herzens liegt darin, daß in dieser Zeitspanne zwischen 80 und 180 Millisekunden nach der R-Zacke ein Teil der Nervenzellen erregbar sind, während andere Nervenzellen noch nicht erregbar sind. Es werden also durch elektrische Reizung nur die erregbaren Nervenzellen gefeuert, während die übrigen Zellen später nach und nach erregbar werden und dann sofort und unkoordiniert feuern. Dadurch kann sich der Herzmuskel nicht mehr gleichmäßig zusammenziehen und das Blut durch den Körper pumpen. Statt dessen kommt es beim Herzkammer- oder Vorhofflimmern sofort zu einem Zusammenbruch des Kreislaufs der in kurzer Zeit zum Tod führt weil die Organe nicht mehr mit Blut versorgt werden.

Das heißt also, dass der Herzschlag bis hin zum Herstillstand beeinflusst werden kann, wenn mit Hilfe eines Radars ausgemessen wird, in welcher Phase sich das Herz befindet und dann zum richtigen Zeitpunkt entsprechende Pulse in Richtung auf das Herz abgestrahlt werden.

Der TAZ verdanken wir wichtige Artikel wie den folgenden, der auch in der wissenschaftlichen Literatur zitiert wird..

TAZ, 14.April 1992

Elektromagnetische Wellen als tödliche Gefahr

Das US-Militär entwickelt eine Mikrowellenpistole, die schwere körperliche Störungen und Herzstillstand verursacht / Heidelberger Biophysiker beweist an Küken die Gefährlichkeit der E-Strahlung / Bundespost darf geplanten Sendemast nicht bauen
Aus Heidelberg Heide Platen

Die Mikrowellenpistole ist keine Erfindung von Sience-Fiction-Autoren. Amerikanische Forscher gehen davon aus, daß so eine Waffe vor allem beim „Low Intensity Conflict“, also im Bürger- und Guerillakrieg, eingesetzt werden könnte. Daß es sie praktisch schon gibt, zumindest als Prototyp, behaupten Wissenschaftler derzeit nur unterderhand. Sie gehört in den Bereich der „nichttödlichen Waffen“, an denen amerikanische Militärforscher seit Jahren herumlaborieren. Fachzeitschriften berichteten Anfang des Jahres, die Untersuchungen „auf dem Gebiet der Mikrowellenstrahlung“ seien am weitesten fortgeschritten. Es sei denkbar, so das U.S. Army Laboratory Command in Adelphi, Maryland, den potentiellen Gegner mit Mikrowellen außer Gefecht zu setzen, ohne ihn gleich umzubringen. Die Waffe könne physische und psychische Störungen, Sinnestäuschungen, Bewußtlosigkeit, Sehstörungen, Übelkeit und andere Beschwerden auslösen. Bei weiter Streuung könnten auch große Menschengruppen lahmgelegt werden.

Geringere Leistung als ein Mikrowellenherd
Die Mikrowellenpistole wäre, berichtet ein Techniker, dagegen die kleine Variante zum Einzeleinsatz. Sie kann mit geringerer Leistung betrieben werden als ein gewöhnlicher Mikrowellenherd. Da sie die Strahlung bündelt, kann sie, zielgerichtet eingesetzt, einen Herzstillstand erzeugen und wandelt sich damit im Grenzbereich der Definition zu einer tödlichen Waffe. Mikrowellen sind elektromagnetische Wellen von zirka einem Gigahertz und höher. Sie können, je nach Feldstärke, drei unterschiedliche Wirkungen haben. Durch die „thermische Zerstörung der Zellen“ wird zum Beispiel das Brathähnchen im Mikrowellenherd gar. Bei geringerer Intensität beeinflussen sie das elektrobiologische Leitungssystem des Organismus, das durch Ionenladungen auf den Zellwänden gebildet wird, stören also nachhaltig die Zellkommunikation. Die Wirkung kann von Übelkeit und Desorientiertheit über Herzkammerflimmern bis zum Herzstillstand reichen. In der dritten bekannten Kategorie ist die noch geringere Feldstärke erfaßt. Sie führt langfristig bei dafür disponierten Personen, vor allem alten Menschen, Kindern und Schwangeren, zum „Elektrostreß“. Amerikanische Forscher hatten seit vielen Jahren auf erhöhte allgemeine Krankheits- und Krebsanfälligkeit bei Menschen hingewiesen, die an ihrem Arbeitsplatz häufig elektromagnetischen Feldern (EMF) ausgesetzt sind.

Die Erkenntnisse der Militärforscher und die Ergebnisse ihrer Experimente decken sich haargenau mit jenen, die der Biophysiker Dr. Andras Varga vom Hygienischen Institut in Heidelberg längst vorlegte, allerdings im zivilen Bereich. Diese seien, sagt Varga, vor allem von westlichen Kollegen lange heruntergespielt und belächelt worden. Seine letzte Versuchsanordnung ist so einfach wie genial. Er setzte insgesamt 1620 befruchtete Hühnereier im Brutkasten Mikrowellen verschiedener Frequenzen und Intensitäten aus. Das Ergebnis: Küken mit verbogenen, verkrüppelten Beinen und deformierten Schnäbeln. Diese Schädigungen an den Hühnerembryos traten bei Leistungsdichten von 1,5 Milliwatt (mW) Strahlung pro Quadratzentimeter Fläche auf. Der gesetzliche Grenzwert liegt derzeit in der Bundesrepublik bei 2,5 mW. Varga: „Das ist tödlich. Das tötete alle meine Küken.“ Er hält schon Werte über 0.15 mW für bedenklich. Inzwischen werde aber mehr auf seine Erkenntnisse gehört: „Die Leute haben Ohren bekommen!“

Telekom in Verlegenheit
So stützte sich das Wiesbadener Verwaltungsgericht auf seine Ergebnisse, als es Anfang März mit einer einstweiligen Anordnung den Bau eines Sendemastes der Bundespost in Lorch vorläufig stoppte. Ein Anlieger aus dem Stadtteil Ransel hatte dagegen geklagt und mit der Unterstützung des gesamten Gemeinderates ein Gutachten von Varga vorgelegt, das auf die von ihm befürchtete Gesundheitsschädigung hinwies. Der Mann wohnt 90 Meter neben dem Mast und betreibt auf umliegenden Grundstücken Landwirtschaft und Hühnerhaltung. Das Wiesbadener Gericht sprach dem

Mann zu, er habe ein Grundrecht auf körperliche Unversehrtheit. Schäden durch Strahlen seien aber „nicht völlig ausgeschlossen“. Auch in Lüneburg war ein Betroffener erfolgreich. Dort entschied das Verwaltungsgericht ebenfalls gegen die Post.

Die Urteile bringen die Bundespost – Telekom und die private Wirtschaft in arge Verlegenheit. Der Ranseler Sendemast ist eine der über 3 000 Stationen für die zwei Mobilfunk – D – Netze, die zur zeit von der Telekom und der Firma Mannesmann aufgebaut werden. Das sei, sagen Kenner, „ein Milliardenmarkt wie eine Goldgrube“. Die Masten für die neuen Netze sollen sowohl niedriger als auch dichter als herkömmliche Sendeanlagen gebaut werden. Sie strahlen an der unteren Frequenz-Grenze des schädlichen Mikrowellenbereichs. Varga empfiehlt für Masten dieser Art einen Abstand von drei Kilometern von Wohnsiedlungen. Der Darmstädter Regierungspräsident reagierte nach dem Urteil irritiert: „Dann kann ja gar nichts mehr gebaut werden.“ Währenddessen plant die Post schon ein weiteres Netz. Die Ausschreibung des E-Netzes, des Mobilfunks der nächsten Generation, steht unmittelbar bevor. Er arbeitet mit der doppelten Sendefrequenz. Der Abstand der Sendeanlagen soll zwischen wenigen 100 Metern und 20 Kilometern liegen.

Aber nicht nur die Sendemasten sind ins Gerede geraten, sondern auch die Mobilfunk – Geräte. Sie liegen mit 10 mW Strahlung pro Quadratzentimeter gleich viermal höher als der zulässige Grenzwert und sind selbst dem Bundesamt für Strahlenschutz suspekt. Es empfiehlt bei Telefonen mit intern eingebauten Sendern und Antennen einen guten halben Meter Abstand vom Kopf. Nach einer Meldung der Spezialzeitschrift `Funkschau´ vom 3. April möchte die Telekom sich wegen der für sie unsicher gewordenen Zukunft durchaus strengeren Richtlinien unterwerfen. Dies aber führe zum Konflikt mit internationalen Abmachungen, die die biologische Verträglichkeit elektromagnetischer Wellen bisher überhaupt nicht berücksichtigen. Europaweit zugelassene Funktelefone dürften in Deutschland dann nicht betrieben werden.

Die Diskussion um die elektromagnetische Strahlung ist, wie auch Andras Varga betont, eigentlich überfällig. Daß die westlichen Grenzwerte zu hoch seien, hatten Wissenschaftler aus der Sowjetunion schon Mitte der 60er Jahre behauptet. Dies rief damals einen empörten westlichen Protest hervor. Diese Erkenntnis hätte schließlich, aus welchem Interesse auch immer gewonnen, weitreichende Folgen für Militär, Geheimdienste und Elektrokonzerne gehabt. Die brisante Mischung unsichtbarer Strahlen, umstrittener Forschungsergebnisse, geheimdienstlicher und militärischer Interessen führte auch immer wieder in die Irre menschlicher Randphänomene. Strahlengeschädigte wurden als „Spinner“ behandelt. Daß es „Strahlensensibilisierte“ gibt, bestätigt allerdings auch Varga. Er berichtet von einer Frau, die das An- und Ausschalten einer Glühbirne von 500 Watt noch im Nebenzimmer, mit einer Wand dazwischen, deutlich wahrnehmen konnte. Die unterschiedliche Wirkung auf unterschiedliche Menschen erklärt er wie die „Wetterfühligkeit“. Varga: „Man muß von den Betroffenen ausgehen.“ Wer Schmerzen habe, an Migräne oder anderen Krankheiten leide, müsse endlich ernst genommen und geschützt werden.

„Wahre Strahlenkeulen“ gegen den Wald

Daß der rechte Vollwerternährungspapst, der Lahnsteiner Arzt Max Otto Bruker, in seinem Hausblatt `Der Gesundheitsberater´ die Mikrowellen für das Waldsterben verantwortlich machen läßt, ist ein anderes Kapitel. Wahr und erwiesen ist daran bisher nur, daß die riesigen Sendeanlagen der amerikanischen Armee, die bisher an der ehemaligen deutsch-deutschen Grenze flächendeckend nach Osten peilten, für Experten „wahre Strahlenkeulen“ sind. Varga beschränkt sich auf machbare Forderungen. Er wolle, sagt er, ja gar nicht jede Schreibmaschine und jeden Toaster abschaffen“. Nur: „Die Geräte müssen gesichert sein. Und vor allem keine Hochspannungstrassen und keine Sendemasten in bewohnten Gebieten.“ Demnächst wird er eine neue Untersuchungsreihe beginnen, in der er Hühnereier Mikrowellen wechselnder Frequenzen aussetzt. Diese Frequenzen sollen sich wie im normalen Alltag überschneiden und gleichzeitig stärker und schwächer werden.

Mikrowellenpistole, Ende der 50er Jahre

In dem Beitrag: “Development of a Garment for Protection of Personnel Working in High-Power RF Environments” von Martin R. Reynolds, veröffentlicht in: Proceedings of the Fourth Annual Tri-Service Conference on the Biological Effects of Microwave Radiation, Volume 1, New York 1961, pp. 71-84 findet sich auf Seite 83 das Foto einer Person in einem Schutzanzug, die eine Mikrowellenpistole bedient. Wir haben hier einen Ausschnitt vergrößert wiedergegeben. Es sollte natürlich nicht vergessen werden, daß das hier gezeigte Modell über 40 Jahre alt ist und vermutlich noch mit Röhren betrieben wurde und dadurch relativ groß ist.

Interessant ist der vordere runde Teil der Mikrowellenpistole. Dieser enthält auf Grund seiner Form eine Antenne mit zirkularer Polarisation. Der Durchmesser der Antenne lässt auf eine Frequenz im Bereich von 400 MHz schließen. In diesem Frequenzbereich liegt auch die Resonanzfrequenz des menschlichen Kopfes, wie sich auch aus dem Größenvergleich des Antennengehäuses mit dem Kopf der Person ergibt. Offensichtlich war es bei einem so einfach aufgebauten Gerät notwendig, daß der Bediener einen Schutzanzug trägt um sich nicht selber auszuschalten. Ein solcher Schutzanzug ist nicht notwendig, wenn man mit mehreren mobilen oder stationären Antennen und Wellenüberlagerung arbeitet, da sich dann der Wirkungsort auf wenige Zentimeter begrenzen lässt.

Radiofrequenzwaffen

Minispione - Schaltungstechnik, Band 3 Günter Wahl Baden - Baden 1996

(S.162f) Moderne Hochfrequenzkanonen aus den Arsenalen der Supermächte sind heute bereits so weit fortentwickelt, daß sie in der Lage sind, Gehirnfunktionen und Zentralnervensystem von Zielpersonen in einem größeren Umfeld und auf Distanz von mehreren Kilometern auszuschalten. Durch den gezielten und massierten Einsatz von Hochfrequenzkanonen lassen sich beispielsweise die Gehirne von Raketenbedienungsmannschaften lahmlegen.

Des weiteren ist es möglich, Kommandozentralen so mit Hochfrequenz zu bestrahlen, daß die dort anwesenden Offiziere zu keinem klaren Gedanken mehr fähig sind. Leistungsstarke Hochfrequenz- bzw. Radiowellensender waren bereits zur Jahrhundertwende bekannt. Berühmter Vorreiter auf diesem Gebiet war der Forscher Nikola Tesla (1856-1943).

Wenn die absorbierte Energie eines RF - Feldes (RF = Radio Frequency) in lebenswichtige Bereiche gelenkt wird, etwa an die Schädelbasis, wo das Rückenmark in das Gehirn übergeht, kann ein Mensch mit ganz geringen Mengen an absorbierter Energie getötet werden. Es reicht aus, diese Region des Zentralnervensystems auf 44 Grad Celsius zu erhitzen, was mit einem Puls von eine Zehntelsekunde Dauer geschehen kann. Versuchstiere wurden durch kurze Pulse mit Energiedichten von nur 1mW/cm2 getötet.

Das Verhältnis zwischen der Wellenlänge der verwendeten Hochfrequenzwellen und den Abmessungen des Körpers ist wie bei jeder Empfangsantenne von großer Bedeutung. Ein aufrecht stehender Mensch von durchschnittlicher Größe hat eine Resonanzfrequenz von 43 MHz, während der Kopf als Topfkreis etwa 242 MHz haben soll. Laut neuester Forschungsergebnisse gibt es keinen Zweifel daran, daß kleine Mengen elektromagnetischer Energie bei richtiger Wahl von Frequenzen und Impulsform die Funktion der Neurotransmitter erheblich stören und die Funktion des Gehirns stören können. Arbeiten an RF - Waffen verstecken sich weitgehend hinter „reiner Forschung“ auf dem Gebiet der Hochenergiephysik.

Die für den nachrichtendienstlichen und militärischen Bereich unwichtigen Teile diese Artikels sind nicht wiedergegeben.

The electromagnetic spectrum in low-intensity conflict
Paul E. Tyler1986, Maxwell Airforce Base
Veröffentlicht in: Low Intensity Conflict and Modern Technology, Lt. Col. David J. Dean, Air University Press, Center for Aerospace Doctrine, Research and Education, Maxwell Air Force Base, Alabama, Juni 1986 Seiten 249- 260

Das elektromagnetische Spektrum als Waffe im Bürgerkrieg

(...) Die Resultate von vielen Studien, die in den letzten Jahren veröffentlicht wurden weisen darauf hin, daß spezifische biologische Effekte bei entsprechenden Parametern des elektromagnetischen (EM) Feldes hervorgerufen werden können. Die wichtigsten Parameter, die zu diesem Zweck berücksichtigt werden müssen sind Frequenz, Wellenform, Pulsrate, Pulsdauer, Pulsamplitude, Wiederholrate, Modulation des Signals und Symmetrie oder Asymmetrie des Pulses. Viele der klinischen Effekte der elektromagnetischen Strahlung wurden zuerst durch direkte Zuführung von Strömen über die Haut erkannt. Später wurden dieselben Effekte durch die Einwirkung äußerer Felder erreicht. In der Literatur finden sich folgende Effekte die durch die Einwirkung elektromagnetischer Felder hervorgerufen oder verstärkt werden können:

1. Stimulation der Knochenregeneration bei Brüchen
2. Heilung normaler Brüche
3. Behandlung von angeborener Pseudoarthrose
4. Wundheilung
5. Elektroanesthesie
6. Elektrokrampftherapie
7. Verhaltensmodifikation von Tieren
8. Verändertes Elektroenzephalogramm bei Tieren und Menschen
9. Veränderte Morphologie bei Tiergehirnen
10. Akupunktureffekte
11. Behandlung von Drogensucht
12. Elektrostimulation zur Schmerzbehandlung
13. Verändertes elektrisches Verhalten von Nervenzellen

Dies sind nur einige wenige von den vielen biologischen Effekte und Anwendungen, über die während des letzten Jahrzehnts berichtet wurde. Es handelt sich hierbei keineswegs um eine erschöpfende Sammlung und es werden auch viele Effekte, die in der Sowjetischen und Osteuropäischen Literatur veröffentlicht wurden, nicht berücksichtigt.

Wie bei den meisten menschlichen Anstrengungen, so ist auch die Anwendung elektromagnetischer Strahlung potentiell ein zweischneidiges Schwert. Sie kann einerseits zum Nutzen angewendet werden. Andererseits kann sie auch kontrolliert bei militärischen oder verdeckten Operationen benutzt werden. Wir befassen uns hier mit der potentiellen Nutzung elektromagnetischer Strahlung in Konflikten mit niedriger Intensität.

Potentielle Militärische Nutzung elektromagnetischer Strahlung
Die Anwendung dieser Technologie für militärische Zwecke steckt immer noch in den Kinderschuhen und wurde erst vor kurzem von den Vereinigten Staaten als praktikable Option erkannt. Eine Übersicht über Biotechnologie der Luftwaffe von 1982 macht folgende Aussagen: „Neue Daten erlauben den Schluß, daß Felder mit besonders aufbereiteter Radiofrequenzstrahlung eine schwere und revolutionäre Bedrohung für militärisches Personal darstellen kann. Elektroschocktherapie zeigt die Möglichkeit durch elektrischen Strom die Funktion des Gehirns für kurze Zeit komplett zu

unterbrechen, die Aufmerksamkeit für einige Zeit herzustellen und emotionales Verhalten über größere Zeiträume zu verändern. Erfahrungen mit Elektroschocktherapie, Experimente mit radiofrequenten elektromagnetischen Feldern und das steigende Verständnis des Gehirns als elektrisch arbeitendes Organ legt ernsthaft nahe, daß aufgezwungene elektromagnetische Felder absichtsvolles Verhalten verhindern kann und es möglich wird solches Verhalten zu steuern und/oder zu untersuchen. Weiterhin kann die Durchleitung von 100 Milliampere durch den Herzmuskel zu Herzstillstand und Tod führen wodurch ein Waffeneffekt mit Lichtgeschwindigkeit erreicht werden kann. Ein das Zielgebiet schnell überstreichender Radiofrequenzstrahler kann über eine große Fläche effektiv töten oder kampfunfähig machen. Die Effektivität des Waffensystems hängt von Wellenform, Feldstärke, Pulslänge, Wiederholrate und der Trägerfrequenz ab. Ein solches Waffensystem kann durch Experimente an Gewebe und im Tiermaßstab bei gleichzeitiger Erforschung der zugrunde liegenden Mechanismen und der Effekte der verschiedenen Wellenformen entwickelt werden. Durch den Einsatz relativ schwacher radiofrequenter Strahlung könnte es möglich sein, daß man große militärische Verbände für geringe Mengen biologischer oder chemischer Kampfstoffe sensibilisiert, während unbestrahlte Personen nicht betroffen sind.“ Die potentielle Anwendung von künstlichen elektromagnetischen Feldern erstreckt sich über ein weites Gebiet militärischer oder militärähnlicher Anwendungen. Einige dieser potentiellen Anwendungen schließen den Einsatz gegen terroristische Gruppen, bei Aufruhr und Demonstrationen, die Sicherung von militärischen Anlagen und den Einsatz gegen Personen auf dem Schlachtfeld ein.

Bei allen diesen Einsätzen würden elektromagnetische Waffensysteme eingesetzt werden um leichte bis schwere physiologische Störungen oder Wahrnehmungsstörungen und Desorientierung hervorzurufen. Zusätzlich kann die Funktionsfähigkeit von Personen soweit eingeschränkt werden, daß sie im Kampf nicht mehr einsatzfähig sind. Ein weiterer Vorteil von elektromagnetischen Waffensystemen liegt darin, daß sie einen großen Bereich mit einem einzigen System abdecken können. Sie sind lautlos und es könnte schwierig sein, Gegenmaßnahmen zu entwickeln.

Wenn man davon ausgeht, daß elektromagnetische Strahlung einzelne schädliche Effekte verursachen kann, dann besteht gleichermaßen auch die Möglichkeit, daß man vorteilhafte Effekte wie die Steigerung der Leistungsfähigkeit erzielen kann. Diese Entwicklung könnte im Bedarfsfall eine erhöhte Leistungsfähigkeit ermöglichen. Wenn beispielsweise eine kleine Gruppe isoliert über eine längere Zeit operieren muß, kann die Anwendung elektromagnetischer Strahlung mit den richtigen Parametern dieser Gruppe die Möglichkeit geben, ihre Aufgabe mit minimalen Pausen durchzuführen und dabei ihre maximale Leistungsfähigkeit zu behalten. (...)

In letzter Zeit wurde über die Auslösung des Kopierens der Erbinformation der Zelle durch gepulste elektromagnetische Felder berichtet. Am anderen Ende des Spektrums nichtionisierender Strahlung kommt es nach Forschungsberichten ebenfalls zu biologischen Effekten, die mit den traditionellen Theorien nicht übereinstimmen. Kremer und andere haben mehrere Untersuchungen veröffentlicht, die die biologischen Wirkungen von Millimeterwellen geringer Intensität beschreiben. In diesen Untersuchungen wird gezeigt, daß diese Effekte nicht nur bei sehr geringen Intensitäten auftreten, sondern daß sie auch Frequenzabhängig sind.

Als Folge dieser und anderer Studien mußten einige wissenschaftlichen Gruppen ihre bisherigen Konzepte neu überdenken und nach neuen Theorien suchen. Die neueren Ansatzpunkte berücksichtigen die Erkenntnis, daß biologische Systeme bei der Einwirkung elektromagnetischer Felder ein nichtlineares Verhalten zeigen. Anstatt also einfache lineare Mechanismen bei der Wirkung elektromagnetischer Felder auf biologische Systeme anzuwenden, ist man gezwungen eine nichtlineare Wellenmechanik zu verwenden. Einige Forscher haben sogar die Mathematik der Chaostheorie verwendet.

Ein Resultat dieser Neubewertung ist die Erkenntnis vieler Wissenschaftler, daß körpereigene elektromagnetische Felder eine entscheidende Rolle bei vielen biologische Vorgängen, darunter der Entstehung des Embryos, der Knochenheilung, der Informationsübertragung und Speicherung vor allem im zentralen Nervensystem spielen. Viele Wissenschaftler und Forscher haben auch über die schädlichen Effekte elektromagnetischer Felder auf biologische Systeme spekuliert. (...)

Guerara und andere haben vor kurzem über chaotisches Verhalten bei Zellen von Hühnerherzen berichtet, die mit elektrischen Signalen bestimmter Frequenzen und Amplituden stimuliert wurden. Es

wurde auch gezeigt, daß mit bestimmten Frequenzen und Amplituden Einfluß auf die Atmung genommen werden kann. Tiere bekamen bei bestimmten Frequenzen schwere Atemprobleme.

Im letzten Jahr hat Dr. Adey ein sowjetisches medizinisches LIDIA Gerät untersucht, von dem gesagt wird, daß es den Schlaf fördert. Das Gerät produziert Töne, Licht, Wärme und elektromagnetische Strahlung. Diese vier Stimulantien können gemeinsam, einzeln oder in beliebiger Kombination angewendet werden.

Die sowjetische medizinische Literatur beschreibt den vorteilhaften Einsatz des Gerätes bei „nicht organisch bedingten neuropsychischen und somatischen Störungen wie Neurosen, Psychosen, Schlaflosigkeit und Bluthochdruck“. Was in diesem Zusammenhang allerdings unter „nicht organisch bedingt“ zu verstehen ist und warum Bluthochdruck mit Neurosen und Psychosen in Verbindung gebracht wird ist unbekannt. (Anmerkung des Übersetzers: Dissidenten die vom KGB in die Mangel genommen und in die Psychiatrie eingewiesen wurden, hatten allen Grund sich aufzuregen. Das treibt dann automatisch den Blutdruck hoch.)

Nach Dr. Aldeys Bericht können elektromagnetische Felder den Tagesrhythmus von Katzen verlangsamen. Insbesondere die Schlafphasen wurden durch die elektromagnetischen Felder verlängert. Die Effektivität des elektromagnetischen Feldes war bei Kombination mit Licht- und Tonstimulation geringer.

Bei Anwendung von Licht- und Tonstimulation alleine war der Schlaf tiefer, aber seine Länge wurde nicht beeinflußt. Dr. Adey hatte den Eindruck, daß man mit einer Kombination von elektromagnetischer und rhythmischer sensorischer Stimulation eine Verstärkung und Verlängerung eines bestimmten Schlafzustandes erreichen kann, was durch die einzelne Anwendung nicht erreicht werden konnte.

Das in diesen sowjetische Versuchen benutzte Gerät stammte vermutlich aus den Fünfziger Jahren und verwendete einen selbstschwingenden Röhrenoszillator. Die Arbeitsfrequenz betrug 40 MHz mit Oberschwingungen und einzelnen Störungen bis in den GHz Bereich hinein. Die Pulsdauer betrug 0.3 Sekunden mit einer Wiederholrate von 10 bis 100 Pulsen pro Minute. (Anmerkung des Übersetzers: Vielleicht muß es heißen pro Sekunde, denn dann käme man in den Frequenzbereich des Elektroenzephalogramms, also der Taktfrequenz des Gehirns) In der Literatur wird über viele neuere und effektivere Geräte berichtet, die inzwischen entwickelt wurden.

In einer neueren Veröffentlichung haben Ubeda, Delgado und andere berichtet, daß die Pulsform eines magnetischen Feldes Einfluß auf die Entwicklung von Hühnerembryos hat. Sie benutzten vier verschiedene Pulsformen die sich unterschiedlich auf die Embryos auswirkten.

Das erste Signal hatte eine Anstiegszeit von 100 Millisekunden mit einem abfallenden Plateau. Das zweite Signal war ein Rechtecksignal mit einer Anstiegszeit von 2 Millisekunden. Das dritte Signal hatte eine Anstiegszeit von 42 Millisekunden und einer aufmodulierten Schwingung. Das vierte Signal hatte ebenfalls eine Anstiegszeit von 42 Millisekunden, war aber nicht zusätzlich moduliert. Alle Pulse hatten eine Dauer von 500 Millisekunden und eine Impulswiederholrate von 100 Hertz.

Als Resultat zeigten einige Wellenformen einen Einfluß auf die Entstehung des Embryos, andere nicht. Ein Fenstereffekt zeigte sich auch bei der Stärke des Signals: Einige Effekte wurden bei niedriger Intensität beobachtet, während sie bei höherer Intensität nicht mehr nachweisbar waren.

Von Frequenz und Amplitude abhängige Fenstereffekte wurden auch von anderen Forschern entdeckt. Über dieses Phänomen haben zuerst Adey und seine Mitarbeiter in den frühen siebziger Jahren berichtet, aber es wurde bis vor kurzem nicht als wichtig anerkannt. Wellenform und Fenstereffekte von Frequenz und Amplitude können spezifische biologische Ziele und Effekte haben.

Basset hat berichtet, daß neue Untersuchungen in seinem Labor gezeigt haben, daß der Spannungsverlauf eines in ein Gewebe geleiteten Impulses je nach verwendetem Gewebe oder Organ unterschiedlich ist. Er stellte fest, daß es möglich ist durch die Analyse der Reaktion in Hochfrequenzfeldern auf die Art des Gewebes zu schließen. (...)

Neueste Forschung zu chaotischem Verhalten hat gezeigt, daß die Veränderung von nur einem Parameter chaotisches Verhalten verursachen kann das zu drastischen Resultaten führen kann. Es ist nicht schwer, sich vorzustellen, daß elektromagnetische Felder auf die elektrischen Signale des Herzmuskels einwirken. Wenn die richtigen Parameter benutzt werden kann man verschiedene Resultate erzielen. Dazu gehören Herzkammerflimmern und Herzstillstand mit tödlichem Ausgang.

Untersuchungen haben verändertes Verhalten bei Tieren und verändertes Elektroenzephalogramm (EEG) bei Tieren und Menschen gezeigt. Welche Auswirkungen diese EEG Veränderungen bei Menschen haben kann im Moment noch nicht gesagt werden, weil dazu noch zu wenige Informationen vorliegen und es unterschiedliche Auffassungen darüber gibt, was ein „normales“ EEG ist.

Es ist im Moment noch nicht vorhersehbar, welchen Einfluß ein verändertes EEG auf das Funktionieren des Gehirns und das Verhalten von Personen hat. Einige neueste Untersuchungen weisen darauf hin, daß die Beeinflussung der Gehirnwellen großen Einfluß auf das Verhalten und die kognitiven Fähigkeiten von Personen haben kann. Einige Personen haben sogar spekuliert, daß elektromagnetische Strahlung bereits zu diesem Zweck verwendet wurde.

Einige neuere theoretische Untersuchungen kommen zu der Überzeugung, daß die neuronalen Synapsen zu klein für normale chemische Vorgänge sind und daß deshalb quantenmechanische Vorgänge stattfinden. Es wurde bisher angenommen, daß ein chemisches Potential die Vesikel zur Ausschüttung von chemischen Neurotransmittern veranlaßt, die dann nach Durchquerung der Synapse beim zweiten Neuron die Auslösung seines Aktionspotential veranlaßt.

Wenn es sich hierbei um einen quantenmechanischen Vorgang handelt kann der Mechanismus im Gegensatz zum klassischen chemischen Konzept folgendermaßen angenommen werden: Das Aktionspotential verursacht nach Durchwanderung des Nervenzellfortsatzes einen Einfluß über den synaptischen Spalt der eine Elektronenübertragung in umgekehrter Richtung verursacht und damit den Vesikeln die Informationsübermittlung bestätigt. Diese Bestätigung veranlaßt die Vesikel die Neurotransmitter auszuschütten.

Dieser Vorgang findet auch unter Beteiligung von Leckströmen benachbarter Neuronen und perineuronaler Zellen statt. Die Zellen kommunizieren miteinander, so daß das System viel komplizierter ist, als man gedacht hat. Daß diese statistischen quantenmechanischen Effekte nicht nur von einfachen elektrischen Vorgängen in einzelnen Zellen, sondern von der Kommunikation zwischen mehreren Zellen abhängen, läßt den Schluß zu, daß das komplexe System anfällig für äußere nichtlineare elektromagnetische Einflüsse ist.

Die Störung neuronaler Wege kann zu einer Vielzahl von Effekten führen. Bei den heutigen komplizierten Waffensystemen ist es nicht nötig die Bedienung vollständig auszuschalten um sie Kampfunfähig zu machen. Wenn beispielsweise das Zeitempfinden oder die kognitive Fähigkeit beeinträchtigt wird, kann das Personal die Fähigkeit zur Bedienung ihrer Geräte (Fliegen eines Flugzeuges, Treffen der richtigen Entscheidungen bei komplexen Waffensystemen oder die Erfüllung ähnlicher Aufgaben) verlieren.

Wegen der vielen beteiligten Parameter und der offensichtlichen Spezifizität der einzelnen Parameter kann man für jeden Zweck passende Effekte auswählen. Diese Flexibilität gibt dem Anwender eine Vielzahl von Möglichkeiten. Sie öffnet die Tür zu einer angemessenen Reaktion im Krieg, sei er konventionell oder unkonventionell. Es gibt noch viele offene Fragen die diese Technologie betreffen.

Bis jetzt hat sich die überwiegenden Mehrzahl der Forschungen in den USA auf Versuche mit einer Frequenz und Standardparametern beschränkt. Experimente mit mehreren gleichzeitig benutzten Frequenzen oder veränderlichen Parametern sind noch nicht durchgeführt worden. Bis heute hat die Mehrzahl der Amerikanischen Forscher angenommen, daß eine „Mikrowelle eine Mikrowelle“ ist und daß bei einer Frequenz durchgeführte Forschungen auf alle Frequenzen in diesem Bereich übertragbar sind.

Wir wissen jetzt, daß die Experimente frequenzspezifisch sind. Aber wie frequenzspezifisch? Hängt die Spezifizität von dem Bereich des elektromagnetischen Spektrums ab, in dem man forscht? Es gibt

unbestätigte Berichte, daß Veränderungen von 0,1 Hertz eine Auswirkung haben. Die meisten Wissenschaftler glauben immer noch nicht, daß eine so kleine Frequenzdifferenz von Bedeutung ist.

Doch Rapp hat gezeigt, daß frequenzkodierte Signale als Auslöser zur Ausschüttung von Amylase aus den Speicheldrüsen von Fliegen (Calliphora exythocephalla) dienen kann. Die Frequenzunterschiede die die Ausschüttung des Enzyms beeinflußte betrugen zwischen 0,00 und 0,056 Hertz. In dieser Studie war das Stimulanz die Chemikalie 5-Hydroxytriptamin. Besonders interessant ist, daß die chemische Reaktion in eine digitale Hochfrequenzschwingung umgewandelt wurde. Es fand also eine Wandlung von Analog in Digital und zurück in Analog statt.

Daraus ergibt sich die grundsätzliche Frage, ob die Wirkung auch unter Umgehung des chemischen (analogen) Auslösers durch direkte Stimulation der Zelle mit einem elektromagnetischen Signal gleicher Frequenz ausgelöst werden kann. Das Resultat dieser Untersuchung zeigt klar, daß die exakte Einhaltung einer spezifischen Frequenz notwendig sein könnte, um ein spezifisches Resultat zu erzielen.

Im Gegensatz zum materialistischen Ansatzpunkt der Sowjets auf diesem Gebiet und der von ihnen zur Erklärung genutzten elektromagnetischen Strahlung ist es zweifelhaft, daß alle diese Effekte auf die Einwirkung elektromagnetischer Felder zurückgeführt werden können.

Aber auf jeden Fall gibt es Beweise daß bestimmte Funktionen und Möglichkeiten durch elektromagnetische Felder beeinflußt werden können. Aber dieses Gebiet ist bis jetzt vernachlässigt worden. Es hat sicherlich keine ausreichende Forschung durch kompetente Wissenschaftler gegeben. (...)

Will Radiofrequency Weapons be the Sputnik of the ´80s?, Robert Gallagher. In: 21st Century Science & Technology, March-April 1988, Vol.1 No.1, S.58-61

Sind Radiofrequenzwaffen der Sputnik der 80er Jahre?

(...) Seit mehr als 15 Jahren entwickeln sowjetische Forschungsinstitute Geräte, die Flugzeuge, Panzer und andere Waffensysteme unbrauchbar machen und ganze Bataillone von Soldaten auf einen Schlag töten können. Diese Geräte strahlen Pulse im breiten Band des Radiofrequenzbereichs des elektromagnetischen Spektrums ab, und werden darum Radiofrequenzwaffen genannt. Auch wenn Flugzeuge und andere Waffensysteme konstruktiv gegen solche Radiofrequenzwaffen geschützt werden können, gibt es bis jetzt noch keinen Schutz vor Radiofrequenzangriffen auf Personen.

Der erste Hinweis darauf, dass die Sowjetunion eine neue Superwaffe entwickelte, ergab sich bei den Verhandlungen der Strategic Arms Limitation Talks (SALT 2) Ende der 70er Jahre. (...) Sowjetische Teilnehmer an den SALT 2 Gesprächen schlugen ein Verbot "einer neuen Generation von Massenvernichtungswaffen" die "Pulse starker elektromagnetischer Strahlung" gegen Material und Personen verwenden. Damals wurde in Luft- und Raumfahrt Veröffentlichungen sowie in Veröffentlichungen über Waffenkontrolle zum Erstaunen amerikanischer Wissenschaftler darüber berichtet. Allerdings wurden diese Angabe jetzt von Pentagon nahen Quellen bestätigt. Und die Ausgabe 1987 der vom Verteidigungsministerium herausgegebenen Schrift Soviet Military Power warnt:

Die UdSSR hat Forschungen auf dem Gebiet starker Radiofrequenz Signale durchgeführt, die das Potential haben, wichtige elektronische Schaltungen der Sprengköpfe von ballistischen Raketen oder Satelliten zu stören oder zu zerstören...Neuere sowjetische Entwicklungen auf dem Gebiet von Radiofrequenzgeneratoren könnten sie in die Lage versetzen, Waffen herzustellen, die elektronische Geräte stören oder zerstören oder Bedienungspersonal desorientieren. Sie haben einzelne Pulse mit einer Spitzenleistung von mehr als 1 Gigawatt und Pulsreihen mit mehr als 100 Megawatt Spitzenleistung produziert. (...)

Das Pentagon hat in dieser Angelegenheit absichtlich untertrieben. Offen erhältliche Informationen über die sowjetische Entwicklung kompakter Generatoren elektromagnetischer Energie im Radiofrequenzbereich sowie die führende Forschung sowjetischer Wissenschaftler auf dem Gebiet der Wirkung kurzer Pulse kohärenter elektromagnetischer Strahlung auf biologische Systeme ergeben das beängstigende Bild, dass die Sowjets Angriffswaffen entwickelt haben und kurz vor deren Einführung stehen, die effektiver sind als die nuklearen Waffen, von denen man annahm, dass sie am wirkungsvollsten seien.

(...) Die zerstörerische Wirkung von starken Mikrowellenpulsen auf die Elektronik von Flugzeugen und anderen Waffensystemen ist bekannt. Wenn sie mit Mikrowellenpulsen der richtigen Frequenz angegriffen werden, nehmen die Siliziumchips moderner elektronischer Geräte die Energie wie eine Antenne auf. Ein Hochleistungspuls solcher Mikrowellen verursacht für kurze Zeit einen elektrischen Strom in der Elektronik, wodurch die Schaltung zerstört wird. Gefährlicher sind elektromagnetische Waffen gegen Personen. Die Prinzipien, nach denen sie funktionieren sind im Westen nicht genau bekannt. Auch wenn westliche Wissenschaftler in der Lage sein könnten, ähnliche Geräte wie die Sowjets zu entwickeln, wissen sie nicht, wie diese anzuwenden sind.

Es ist bekannt, dass verschiedene nichtlineare Wirkungen von Radiofrequenzwaffen benutzt werden können, um Leben zu zerstören. Diese Wirkungen hängen von der Länge und Stärke der Radiofrequenzpulse, ihrer Kohärenz und der verwendeten Frequenz oder Mischung von Frequenzen ab. In keinem dieser Fälle hängt die tödliche Wirkung von der örtlichen oder allgemeinen Erwärmung des Gewebes ab. (Die Stärke der Strahlung bezieht sich auf die auf eine bestimmte Fläche pro Sekunde gestrahlte Leistung. Kohärenz bezeichnet den Grad in dem die Strahlung aus Wellen gleicher Frequenz besteht und in wie weit die Wellen in gleicher Phase schwingen.)

Um eine tödliche Wirkung zu haben, müssen die Radiofrequenzpulse in der Lage sein, in den Körper einzudringen. Bei Frequenzen unterhalb des Mikrowellenbereichs besteht in dieser Richtung kein Problem. Wellenlängen im Millimeterbereich, die bedeutende Wirkungen haben, aber alleine nicht weit genug in den Körper eindringen, können in den Körper transportiert werden, wenn sie als ein "chirp" (Anmerkung des Übersetzers: Chirp bedeutet übersetzt: Zwitschern, und wird benutzt um die schnelle Frequenzänderung eines einzelnen Radarimpulses zu bezeichnen. Diese schnelle Frequenzänderung dient unter anderem dazu, das Radarsignal zu tarnen. In diesem Fall wird mit Chirp die Modulation der relativ niederfrequenten Radiofrequenzstrahlung mit einer höheren Frequenz als die der Grundschwingung bezeichnet) auf einer Trägerwelle niedrigerer Frequenz befördert werden.

Wie töten Radiofrequenzwaffen?
Radiofrequenzwaffen können auf drei verschiedenen Wegen töten:
1. Töten durch das Hervorrufen von zerstörerischen Erschütterungen hervorrufenden Schwingungen in lebenswichtigen Organen wie dem Rückenmark durch Umwandlung elektromagnetischer Energie in akustische Energie.
Unter bestimmten Bedingungen können biologische Makromoleküle elektromagnetische Strahlung absorbieren und dann einen Teil oder die gesamte Energie in Form von hochfrequenten Vibrationen abgeben, die dann die Biomoleküle zerreißen. Da alle Vibrationen Formen von Schall oder akustischer Energie sind, nennt man diese Umwandlung von elektromagnetischer Strahlung in Vibrationen elektromagnetisch-akustische Kopplung. Wenn die Frequenz der Vibrationen hoch ist, bezeichnet man sie als akustische Schockwellen. Diese Schockwellen wären sehr zerstörerisch, wenn sie in lebendem Gewebe hervorgerufen würden.
Bei einer Konferenz des Physikalischen Lebedev Instituts in Moskau im Januar 1973 hielt D.S. Chernavskii einen Vortrag über die Prinzipien der elektromagnetisch-akustischen Kopplung. Er betonte, dass Mikrowellen "Anregungen von elastischen Oszillationen der ganzen Struktur von Proteinen" hervorrufen können. Außerdem berichtete er dass Polypeptidmoleküle eine geschätzte "natürliche Vibrationsfrequenz" (Anmerkung des Übersetzers: Also eine Resonanzfrequenz) von 100 GHz haben, die durch Mikrowellen im gleichen Frequenzbereich angeregt werden könnte.

2. Töten durch das Auslösen von Prozessen innerhalb der Zellen eines Organismus die zur Zerstörung dieser Zellen führen. Bei derselben Konferenz des Lebedev Institutes im Jahre 1973 berichteten A.Z. Smolyanskaya und R.L. Vilenskaya dass die Bestrahlung von Kulturen von menschlichen E. coli Bakterienzellen mit spezifischen Frequenzen von Millimeterwellenstrahlung bei einer Energiedichte von 0,01 Milliwatt pro Quadratzentimeter dazu führte, dass normalerweise inaktive Zellmechanismen ein Gift produzierten, dass die Zellen tötete. Smolyanskaya und Vilenskaya berichteten, dass "Strahlung im Millimeterband als ein völlig neuartiger Wirkmechanismus angesehen werden kann, der den funktionalen Regulationsmechanismus genetischer Elemente in der Zelle stört". Die Stärke der Strahlung, die in ihren Versuchen verwendet wurde, entsprach derjenigen einer 100 Watt Glühbirne in einer Entfernung von 15 Metern.

3. Töten durch Radiofrequenzpulse die, wenn sie einmal in den Körper gelangt sind, durch mehrere Photonenreaktionen die Wirkung sichtbaren oder ultravioletten Lichts haben. Bei dieser Wirkung kann die Strahlung, die in der Theorie eine zu niedrige Frequenz hat, um ein Atom abzuspalten, trotzdem unter bestimmten Bedingungen eine solche Wirkung haben. Wissenschaftler nehmen an, dass es sich bei diesem Vorgang um eine gemeinsame Wirkung kohärenter Strahlung genügender Stärke handelt. Strahlung die eine zu niedrige Frequenz hat, Atome oder Moleküle zu ionisieren - also ein Elektron abzuspalten - kann diese trotzdem ionisieren und damit die Wirkung von ultraviolettem Laserlicht haben. Diese "synthetischen" ultravioletten Pulse könnten DNA und RNA in jeder menschlichen Zelle zerreißen, in die die Pulse mit genügender Stärke eindringen. Es braucht nicht gesagt zu werden, dass das den Stoffwechsel einer solchen Zelle zerstören würde. (...)

In dem Bereich des Radiofrequenzspektrums der als Mikrowellen bekannt ist hat die Sowjetunion eine Reihe von Radiofrequenzgeräten entwickelt mit denen die kurzen Pulse mit hoher Leistung hergestellt werden können, die sich gut zur bioradiologischen Kriegführung eignen.
Im Jahre 1975 verkündete eine von M.S. Rabinovich und A.A. Rukhadze geleitete Gruppe von sowjetischen Physikern am Physikalischen Lebedev Institut dass sie mit einem "Zyklotronresonanzmaser" elektromagnetische Mikrowellenpulsstrahlung mit einer Zeitdauer von 35 Nanosekunden (Milliardenstel Sekunde) bei einer Frequenz von 10 Gigahertz und mit einer Spitzenpulsleistung von 2 Megawatt produziert haben.
Im darauffolgenden Jahr berichtete eine andere sowjetische Gruppe, die von A.N. Didenko am Institut für Kernphysik in Tomsk geführt wurde, über die Produktion von Mikrowellenpulsen einer Frequenz

von 3 Gigahertz mit einer Dauer von 50 Nanosekunden bei einer Spitzenpulsleistung von 1000 bis 2000 Megawatt mit eine Art von Zyklotronresonanzmaser den man Gyrotron nennt. Das Gerät hatte einen Wirkungsgrad von 30 Prozent. (...)

In den darauffolgenden Jahren berichteten die sowjetischen Forschungsgruppen am Lebedev Institut sowie am Institut für angewandte Physik in Gorky ständig über die Produktion von Nanosekundenpulsen mit Zyklotronresonanzmasern mit Leistungen von zig Megawatt abgestrahlter Leistung bei immer höheren Frequenzen - bis hin zu 125 Gigahertz - bis der größte Teil ihrer Arbeit als Geheim eingestuft wurde.
Von der Spitzenleistung hängt die effektive Reichweite und die Größe der von einer Radiofrequenzwaffe bestrahlten Fläche ab. Um ein Ziel zu zerstören wird eine bestimmte Leistungsdichte benötigt. Gleichzeitig ist es bei einem Einsatz gegen Soldaten wünschenswert, die abgestrahlte Leistung einer Radiofrequenzwaffe über eine große Fläche zu verteilen damit die Zahl der betroffenen Personen möglichst groß ist. (...)

Seit den 60er Jahren hat sich die Zahl der mit Gyrotron Forschung beschäftigten Personen in der Sowjetunion versechsfacht. Trotzdem hat während dieses Anstiegs der an dem Forschungsprogramm beteiligten Personen die Zahl der wissenschaftlichen Veröffentlichungen über die Ergebnisse dieser Forschung in der dem Westen zugänglichen Literatur abgenommen. Ein Bericht der Rand Corporation aus dem Jahre 1986 mit dem Titel "Soviet Development of Gyrotrons" zieht folgenden Schluß: "Ein großer Teil dieser Forschung wurde in den letzten Jahren unter Geheimhaltung gestellt." (...)
Die Vereinigten Staaten haben erst im Jahre 1984 ein ernsthaftes Programm für Gyrotrons zur Produktion von kurzen Pulsen hoher Leistung gestartet. Auf dem internationalen Symposium für Gyrotron Entwicklung in Juli 1984 in Lausanne in der Schweiz rief Professor Victor L. Granatstein von der Universität von Maryland zur Entwicklung von Hochleistungsgyrotron Geräten auf. Zuerst sollte ein "Gyroklystron Verstärker" der Mikrowellenpulse mit Frequenzen von 10 Gigahertz und mit einer Spitzenpulsleistung von 300 Megawatt bei einer Pulslänge von 100 Nanosekunden produzieren kann, hergestellt werden. In seinem Vortrag über die physikalischen Probleme und die Machbarkeit eines solchen Gerätes bezog sich Granatstein fast ausschließlich auf sowjetische Arbeiten auf diesem Gebiet.

Ebenfalls im Jahre 1984 intensivierte das Lawrence Livermore National Laboratory plötzlich ein Programm mit dem verkündeten Ziel, ein Gerät mit der Bezeichnung Vircator zu entwickeln, das kurze Mikrowellenpulse hoher Spitzenleistung für militärische Zwecke produziert. Es wurde auch begonnen, die Wirkungen von Mikrowellen auf militärische Elektronik zu erforschen. Vircatoren in Livermore und auf der Kirtland Air Force Base haben Spitzenleistungen im Gigawatt Bereich produziert. (...)
Der entscheidende Punkt ist, dass ein Gyrotron für Hochleistungspulse (...) auf einen mittelgroßen Lastwagen passt. Bei einem Angriff könnten sowjetische Spezialtruppen mit solchen Lastwagen NATO Flugzeuge, Raketen und Panzer zerstören bevor diese Verteidigungseinrichtungen in Stellung gebracht werden können. Wichtiger noch ist, dass Spezialtruppen die in radiobiologischer Kriegführung ausgebildet sind, ganze Offiziergruppen, Divisionen und Bataillone ausschalten könnten.

`Brainwash´ Attempt by Russians?
The Washington Post, 10. May 1972, S. B-15

Versuch der Gehirnwäsche durch die Russen?

Von Jack Anderson

Versteckt zwischen den geheimsten Akten der Central Intelligence Agency befindet sich ein Bericht über einen möglichen Versuch der Sowjets bei unserem Botschaftspersonal in Moskau mit mysteriösen Mikrowellen "Gehirnwäsche" durchzuführen. Die phantastischen Einzelheiten befinden sich in einem Bericht mit der Bezeichnung "Operation Pandora", der beschreibt, wie die Russen unsere Botschaft mit beängstigenden Impulsen niedriger Stärke bombardiert haben. Es wurde vermutet dass der tatsächliche Grund dafür der Versuch der Veränderung der Persönlichkeiten unserer Diplomaten war.

Diese bizarre Geschichte begann im Jahre 1945, als ein Russe unserem damaligen Botschafter Averell Harriman ein schön geschnitztes Großes Wappen der Vereinigten Staaten schenkte. Stolz hängte Harriman es in der Botschaft auf. Das Wappen enthielt ein winziges elektronisches Abhörgerät, das bis zu seiner Entdeckung im Jahre 1952 die Gespräche innerhalb der Botschaft überwachte. Als Folge dieser erschreckenden Entdeckung gab es dringende Anordnungen, dass alle Botschaften regelmäßig auf elektronische Signale überprüft werden müssen. In den 60ern entdeckten US-Sicherheitsfachleute die merkwürdigen Mikrowellensignale, einige ungepulst und einige gepulst, die aus einem benachbarten Gebäude auf unsere Moskauer Botschaft gerichtet waren.

Die CIA stellte schnell fest, daß die russische medizinische Literatur darauf hinweist, dass Mikrowellen zu Anspannung der Nerven, leichter Erregbarkeit und sogar zu Störungen führen kann. Die CIA vermutete, dass die Russen versuchten, die amerikanischen Diplomaten mit den Mikrowellen verrückt zu machen. Weder die CIA noch das Außenministerium hatten die Möglichkeit, die Wirkung der lautlosen Strahlen auf Menschen zu untersuchen. Im Pentagon allerdings hatte das streng geheime Advanced Research Project auf dem Gebiet elektronischer Sensoren und anderer merkwürdiger Projekte gearbeitet. Diese Behörde begann unter der Leitung von Richard Cesaro eine geheime Untersuchung der Wirkung von Mikrowellen auf Personen. Cesaro gab diesem Projekt den Tarnnamen "Operation Pandora" und beauftragte den Arzt Dr. Herb Pollack sowie zwei hervorragende militärische Fachleute, Dr. Joseph Sharp vom Walter Reed Army Hospital und den Ingenieur und Mikrowellenexperten Mark Groove von der Luftwaffe mit der Arbeit.

Sharp und Groove wurden über die in der Botschaft gemessenen Mikrowellen Daten informiert und stellten die gleichen Bedingungen wie in der Botschaft her, wobei sie die Diplomaten durch Affen ersetzten. Die Affen trainierte man, bestimmte Aufgaben zu erledigen worauf sie mit Fressen belohnt wurden, ähnlich wie Botschaftsangestellte am Ende eines Arbeitstages mit einem trockenen Martini belohnt werden könnten. Die Affen wurden im Walter Reed Krankenhaus monatelang Tag und Nacht beobachtet während ein begleitender Versuch mit Kaninchen vom Gutachter Dr. Milton Zaret in seinem eigenen Labor durchgeführt wurde. In der Moskauer Botschaft wusste in der Zwischenzeit niemand außer den obersten Diplomaten und den Sicherheitsfachleuten von dem geheimen Mikrowellendrama. 1967 glaubten die Wissenschaftler, dass sie die Affen lange genug beobachtet hatten um eine vorläufige Aussage machen zu können. Einige glaubten, dass es Zeichen für durch die Mikrowellen verursachtes "verändertes Verhalten" gäbe, aber die Mehrzahl widersprach dem. Nur die Kaninchen zeigten deutliche Veränderungen des Pulses, was Zaret auf die Erwärmung durch die Strahlen zurückführte.

Die unterschiedlichen Meinungen über psychologische Veränderungen wurden an eine streng geheime Kommission weitergeleitet, die auch keine endgültige Entscheidung darüber treffen konnte, ob die Strahlen das Gehirn der Affen beeinflusst hatten. Trotzdem blieb der Verdacht und das weiße Haus entschied, dass die Mikrowellenbestrahlung, auch wenn sie nicht zur "Gehirnwäsche" des Botschaftspersonals diente, beendet werden sollte. Es wurde auch vermutet, dass die Wellen Teil einer vollständig neuen Überwachungstechnik sein könnten. Bei dem Treffen zwischen Präsident Lyndon Johnson und dem sowjetischen Premier Aleksei Kosygin in Glassboro im Jahre 1967 wurde auch die Frage der Mikrowellenstrahlen besprochen. Ein Informant behauptet, dass Johnson

persönlich Kosygin gebeten hat die Bombardierung mit den Strahlen zu beenden, obwohl andere Quellen aussagen, dass dieses Gesuch auf einer niedrigeren Ebene gemacht wurde.

1968 waren die meisten von Cesaros Wissenschaftlern davon überzeugt, dass die Mikrowellen keine psychologische Gefahr darstellen und die Versuche wurden Anfang 1969 beendet. Die hervorragende Arbeit der Gruppe hat allerdings jetzt zu bedeutender Forschung auf dem Gebiet der Wirkung von Mikrowellen geführt. Bis jetzt haben Versuche gezeigt, dass starke Strahlung Augen, Geschlechtsorgane und vielleicht auch andere Teile des Körpers verletzen kann. Aber bis jetzt gibt es keinen endgültigen Beweis dafür, dass Strahlung geringer Stärke gefährlich ist. Anmerkung: Wir haben mit Cesaro, Pollack, Sharp, Zaret und Grove gesprochen. Alle haben zugegeben, dass sie Mitarbeiter der "Operation Pandora" waren, aber alle weigern sich Details zu nennen. Wie Sharp sagte: "Pandora wurde damals für geheim erklärt und ist es noch heute."

Nicht nur im Krieg werden Radiofrequenzwaffen eingesetzt, sondern auch um den zivilen Gegner auszuschalten. Ein Fall, an den sich viele Ältere erinnern werden, war der von den Russen dem amerikanischen Schachspieler Fischer vorgeworfene Einsatz von Mikrowellen gegen seinen russischen Gegner Spassky, um die Schachweltmeisterschaft 1972 in Reykjavik zu gewinnen. Wie aus dem folgenden Artikel von Nicolas Wade in Science 1972 hervorgeht, haben auch die anderen Gegner von Fischer ähnliche Probleme während ihres Spieles gehabt.

Fischer-Spassky Charges: What did the Russians have in Mind? Nicolas Wade, Science, 1972, 177, S.778

Die Vorwürfe im Fall Fischer-Spassky: Was ging in den Köpfen der Russen vor?

Viele außergewöhnliche Behauptungen haben die in Reykjavik ausgetragenen Meisterschaften begleitet, aber die bei weitem merkwürdigste war die letzte Woche von der russischen Seite vorgetragene Beschuldigung, dass Fischer "elektronische Geräte und chemische Substanzen" benutzt hat um Spasskys Spielvermögen zu beeinträchtigen. Die isländische Schachvereinigung hat die Beschuldigung ernst genommen und einen Elektronikingenieur und einen Chemiker bestellt um die Vorwürfe zu untersuchen, aber es wurden keinerlei Hinweise gefunden, die die russischen Beschuldigungen bestätigen. Angenommen, die Russen glaubten an die von ihnen vorgetragenen Beschuldigungen - und es wäre unwahrscheinlich, dass sie sie sonst in aller Öffentlichkeit vorgetragen hätten - was hatten sie erwartet zu finden?

Es war außer für die Russen auch für andere offensichtlich, dass Spassky sich nicht so verhalten hat wie er es normalerweise tut. "Er lächelt nicht. Er verhält sich wie ein Mann im Gefängnis. Er denkt nicht nur an Fischer", kommentierte der argentinische Großmeister Miguel Najdorf. Spasskys Helfer Efim Geller sagte, als er die Vorwürfe vorbrachte: "Ich kenne (Spassky) seit vielen Jahren und das ist das erste Mal, dass ich ein so ungewöhnliches Nachlassen der Konzentration und ein solch impulsives Spiel bei ihm sehe, was ich nicht auf (Fischers) außergewöhnlich eindrucksvolles Spiel zurückführen kann."

Andere Beobachter haben Spasskys Lustlosigkeit mit "Fischer-Angst" erklärt, dem tranceähnliche Zustand, der auch die anderen Großmeister - Taimanov, Larsen und Petrosian - betraf, die Spassky als Hindernisse auf dem Weg Fischers zum Sieg vorangegangen waren. Den Russen könnte es erschienen sein, dass möglicherweise etwas Handgreiflicheres als Hypnose hinter dem zuvorkommenden Hang von Fischers Gegnern zum Aufgeben, bevor die Zeit dafür gekommen war, gesteckt hat.

In der russischen medizinischen Literatur kennt man die Beschreibung einer Erkrankung die als "Asthenisches Syndrom" bekannt ist. Die Symptome sind unter anderem Schwäche, schnelle Erschöpfbarkeit, Depressionen, asoziales Verhalten, Angstzustände, Beeinträchtigung des Gedächtnisses und anderer mentaler Funktionen sowie die Unfähigkeit Entscheidungen zu treffen. (*Anmerkung des Übersetzers: Das was man heute chronic fartigue syndrom, CFS nennt*)

Als Ursache für das Asthenische Syndrom wird Mikrowellenstrahlung niedriger Intensität genannt. Sowjetische Physiologen erklären diese Krankheit auf der Grundlage einer Theorie von Pavlov, die das zentrale Nervensystem als besonders empfindlich für Strahlung ansieht. Westliche Physiologen erkennen an, dass starke Mikrowellenstrahlung durch eine Erwärmung des Gehirns zu geistigem Unwohlsein führen kann, aber sie haben in der Regel Schwierigkeiten gehabt, die Effekte bei niedriger Intensität zu bestätigen, die von der russischen Schule beschrieben werden.

Eine Gelegenheit für die Physiologen beider Seiten, dieses Problem zu studieren, war die angebliche Bombardierung der amerikanischen Botschaft in Moskau während der 60er Jahre. Der Zweck dieses bemerkenswerten Zwischenfalls war nach Meinung des Journalisten Jack Anderson, die Persönlichkeit amerikanischer Diplomaten zu verändern. In der Operation Pandora setzte die Advanced Research Projekts Agency eine Anzahl von Affen der gleichen Mikrowellenbestrahlung aus wie sie in der Botschaft gemessen wurde, aber Psychologen konnten keinen endgültigen Beweis erbringen, dass die Funktion des Gehirns der Affen beeinträchtigt wurde, berichtete Anderson in einem Artikel vom 10 Mai. (Das Außenministerium wollte letzte Woche keinen Kommentar zu dem behaupteten Zwischenfall abgeben.)

Haben die Russen geglaubt, dass Fischer Mikrowellen gegen Spassky einsetzt? "So erschien es mir - die Berichte in ihrer Literatur sind dafür typisch" sagt Herbert Pollack, ein Berater des Institute of Defense Analyses, der Fachmann auf diesem geheimen und der Allgemeinheit unbekannten Gebiet ist. Aber die Russen haben bei ihrer Erklärung in der letzten Woche nicht gesagt, welcher Art die elektronischen Geräte sind, von denen sie annehmen, dass Fischer sie benutzt. Sie hatten Briefe erhalten, sagte Geller, die darauf hinweisen, dass der Stuhl Fischers und die spezielle Beleuchtung die Orte sind, von denen die unsichtbare Beeinflussung ausgehen könnte. Professor Sigmundur

Gudbjarnason von der Universität Reykjavik hat Proben der Stühle der beiden Spieler mit Hilfe der Gaschromatographie untersucht, aber beide haben die gleichen Profile gezeigt ohne den geringsten Hinweis auf Toxine, Pheromone oder unerwünschte Alchemie. Und nichts außer den jetzt berühmten zwei toten Fliegen wurde in der Beleuchtung der Halle gefunden.

Die russische Seite ist nun dem Spott ausgesetzt, der ihre Beschwerde ausgelöst hat. Trotzdem, so absurd die Beschuldigungen den Zuschauern in Reykjavik erschienen sein mögen, aus einer anderen Perspektive, im fernen Büro eines Kremel-Bürokraten, könnte das ein plausibler Schlüssel zu einer Reihe von merkwürdigen und beunruhigenden Fakten sein.

Behinderung der Wissenschaft

Über die Einflußnahme auf Wissenschaftler, die sich mit diesem Forschungsgebiet befassen finden wir Informationen in dem folgenden Artikel.

Bioelectromagnetics: How Radiofrequency Waves Interact with Living Systems. James W. Frazer, Joye E. Frazer In: 21st Century Science & Technology, March-April 1988, Vol. 1 No. 1, S. 50-57
(Bioelektromagnetismus: Wie Radiofrequente Wellen auf lebende Systeme einwirken)

RF Politik
Die weitere Geschichte dieser Forschungsgruppe ist interessant. Adeys Gruppe führte ihre praktischen und theoretischen Studien des nichtlinearen Verhaltens biologischer Systeme bei elektromagnetischen Feldern niedriger Intensität fort, aber fast in jedem Jahr wurden ihre Mittel gekürzt. Die diese Studien finanzierenden und überwachenden Bundesbehörden wurden zerschlagen, die Mitarbeiter versetzt. Die Forschungslabore der EPA wurden aufgeteilt und die Mitarbeiter verließen die EPA oder wurden auf anderen Gebieten beschäftigt. Prince, Frazer, Mori und die anderen Forscher die die ersten Versuche mit Lymphozyten durchgeführt hatten, haben aufgegeben. Sie wurden Opfer von Stellenkürzungen, gingen in andere Forschungsbereiche oder in Rente. Dadurch wurde ein für die theoretische Biologie sehr wichtiger Forschungsbereich effektiv abgewürgt. Ein Teilgebiet das wirtschaftlich erfolgreich war, hat überlebt, der Einsatz elektrischer Felder zur Zellverschmelzung, vor allem von aus der Milz isolierten Lymphozyten. Dieses Verfahren war vor allem in West- und Ostdeutschland in Gebrauch um Kulturen von Lymphozyten der Milz von Mäusen, die das AIDS Virus enthielten, zu entwickeln um spezifische Antikörper herzustellen. In diesem gemeinsamen Projekt an dem auch das Scripps Institute in La Jolla und einige kleine amerikanische Firmen beteiligt sind. Ein "nichtthermischer" Effekt (!) allerdings bei niedrigen Frequenzen und mit Kombinationen von Feldern, die normalerweise nicht bei anderen Experimenten benutzt werden.

(S.55) Die Rückzugsposition vieler Bundesbehörden ist einfach: "Nun, es kann sein, dass diese subtilen Effekte existieren, aber es scheint nicht, dass sie irgendeine Auswirkung auf Tiere oder Menschen haben." Eine interessante Einstellung, aber die einzige gut kontrollierte echte Langzeitstudie mit Tieren, die bekannten Feldern ausgesetzt waren, schien eine Zunahme von Krebs in der bestrahlten Gruppe zu zeigen. Anstatt diese Arbeit fortzusetzen, wurde die Forschung beendet und ein großer Teil der benutzten Geräte von der finanzierenden Bundesbehörde zurückgefordert. Die Daten wurden mehrfach umgeschrieben bevor sie in stark überarbeiteter Form veröffentlicht wurden, und eine weitere Forschergruppe ist nun durch mangelnde finanzielle Unterstützung zerschlagen worden. (Wir nennen in der Öffentlichkeit keine Namen, denn die Vergeltung käme schnell und sicher.)

(S.57) Man sollte meinen, dass die Wirkung von modulierten elektromagnetischen Feldern bei Frequenzen und Impedanzen, von denen bekannt ist, dass sie verschiedene Gebiete des Gehirns beeinflussen, eine ziemlich hohe Priorität für die Forschung hat, aber das scheint für die westliche Welt nicht zuzutreffen. Im Ostblock wird auf diesem Gebiet seit langem geforscht. Vielleicht werden wir eine neue technologische Überraschung erleben.

(S.57) Effekte die durch die Ausschüttung von Kortikoiden ausgelöst werden können, schließen die Unterdrückung von großen Teilen des Immunsystems ein. Wir haben gelernt, fasziniert von dieser Reaktion als eine Folge von AIDS zu sein, aber wir betrachten eine solche Reaktion bei den empfohlenen Grenzwerten als nicht bedeutend. (*Anmerkung: Hier 1 Milliwatt/Quadratzentimeter*)

Microwaves and behavior, Justesen, D.R.. In: American Psychologist 30: 391-401 (1975).

Mikrowellen und Verhalten

Der Mechanismus der Erhitzung biologischer Materialien durch Mikrowellen ist relativ gut bekannt und die Folge zweier elektrophysikalischer Eigenschaften von Wasser. Zuerst sind die Wassermoleküle polarisiert, das heißt die Oberflächenladung ist nicht an allen Punkten gleich. Es handelt sich also um einen elektrischen Dipol, ein Molekül, das sich neu orientiert wenn ein äußeres elektrisches Feld auf dieses Molekül einwirkt, so wie Papierschnitzel von einem elektrostatisch geladenen Stab angezogen oder abgestoßen werden. Die zweite Eigenschaft des Wassers ist seine hohe molekulare Viskosität, das was man auch als lange Entspannungszeit (relaxation time) bezeichnet. Wenn seine Entspannungszeit kurz ist, kann ein polarisiertes Molekül sich in einem oszillierenden elektrischen Feld schnell an diesem Feld neu ausrichten. Wassermoleküle sind nicht in der Lage sich in einem schnelloszillierenden elektrischen Feld vollständig neu zu orientieren, so dass ihre hohe Viskosität zu einer "molekularen Reibung" führt. Ein großer Teil der Mikrowellenenergie die auf ein biologisches Gewebe fällt wird so in Wärme umgewandelt. (...)

Es gibt eine Möglichkeit die absorbierte Radiofrequenzstrahlung ungefähr abzuschätzen, wenn die Dimensionen des biologischen Ziels im Verhältnis zu der Wellenlänge der auf sie einwirkenden Radiofrequenzstrahlung groß sind: Ungefähr die Hälfte der Energie wird absorbiert und die andere Hälfte wird gestreut. Wenn die Dimensionen des biologischen Ziels viel kleiner sind als die Wellenlänge der einfallenden Strahlung gilt: Das Ziel wird für die Strahlung durchscheinend oder transparent und wenig oder keine Energie wird absorbiert. Wenn die Dimensionen des biologischen Körpers und die Wellenlänge der Radiofrequenzstrahlung sich annähern, kommt es zu einer sehr komplizierten Streuung, eine Folge von Tälern und Spitzen der Intensität, und es wird entweder sehr wenig oder sehr viel Energie absorbiert. Maximale Absorption findet bei Resonanz statt und ist auch die Definition für die Resonanz. Bei Resonanz kann die aufgenommene Energie die des den reinen Körper bestrahlende Energie übersteigen. Bei Resonanz kann die effektive elektrische Oberfläche eines verlustbehafteten Ziels niedriger elektrischer Leitfähigkeit um eine Größenordnung größer sein als ihre physikalische Fläche (Anmerkung: das heißt die Schattenfläche). (...)

(S.394) Die amerikanische Botschaft in Moskau wurde heimlich für mehrere Jahre von den Sowjets abgehört, die dem Botschafter Averell Harriman 1945 ein geschnitztes Wappen der Vereinigten Staaten geschenkt hatten. In dem Wappen befand sich eine Abhöranlage und das Wappen befand sich in einem Raum in dem geheime Gespräche zwischen amerikanischen Beamten stattfinden sollten. Diese Gespräche wurden von den Sowjets während der nächsten sieben Jahre mitgehört. Bei einer Überprüfung durch amerikanische Sicherheitsexperten im Jahre 1952 wurde die Abhöranlage entdeckt, und daraufhin wurden zusätzliche Sicherheitsexperten nach Moskau entsandt um regelmäßig nach weiteren elektronischen Abhörgeräten zu suchen. Während einer solchen Suche in Moskau Anfang der 60er Jahre wurde festgestellt, dass die Sowjets Bündel von Mikrowellenstrahlen auf die amerikanische Botschaft richteten.

Amerikanische Geheimdienstagenten waren verständlicherweise neugierig, aber sie wollten nicht, dass ihre sowjetischen Gegner wussten, dass die Mikrowellenbestrahlung entdeckt worden war. Nun kam die Advanced Research Projekts Agency (ARPA) ins Spiel, eine Abteilung des Executive Office das darauf spezialisiert ist, schnelle Antworten auf außergewöhnliche Fragen zu finden, die die nationale Sicherheit betreffen könnten. Mitarbeiter der ARPA traten mit Joseph C. Sharp, ehemaliger Forschungsdirektor für experimentelle Psychologie am Walter Reed Army Institute of Research und einem Elektronikingenieur, Mark Grove in Kontakt, die am Walter Reed Institut begannen, ein Labor aufzubauen, das heute eines der am besten ausgerüsteten Laboratorien zur Erforschung biopsychologischer Effekte von Mikrowellenstrahlung ist. Zusätzlich wurden Verhaltensforscher, Ingenieure und Mediziner in den ganzen USA durch Forschungsverträge an der Forschung beteiligt. Anfang der 70er Jahre war die finanzielle Unterstützung der Mikrowellenforschung durch die ARPA fast vollständig beendet, angeblich wegen des Mansfield-Gesetzes. Die Finanzierung wurde seitdem von den drei Teilstreitkräften, dem Bureau of Radiological Health der Food and Drug Administration und der Environmental Protection Agency übernommen. Trotz vieler von diesen Behörden unterstützten Forschungsarbeiten und mehrerer internationaler Kongresse über Mikrowellen (...) wurden die Motive der Sowjets für die Bestrahlung der amerikanischen Botschaft nie geklärt.

Eine Vermutung ist, dass die Russen die Vereinigten Staaten "abhören" wollten, allerdings nicht im Sinne einer heimlichen Überwachung, sondern um die Neugier des amerikanischen Militärs zu erregen und sie zu beschäftigen. Jack Anderson hat vorgeschlagen, dass die Sowjets versucht haben, das Neurasthenische Syndrom bei dem amerikanischen Botschaftspersonal hervorzurufen (Anmerkung 1: Jack Anderson erwähnte, dass die Mikrowellenbestrahlung der amerikanischen Botschaft in Moskau ein Thema bei dem Treffen von Präsident Lyndon Johnson mit dem sowjetischen Premierminister Aleksei Kossygin auf dem Glassboroer Gipfeltreffen im Juni 1967 war. Ein Informant erzählte Anderson, dass Johnson persönlich Kossygin darum bat, die Bestrahlung der Botschaft einzustellen.). Ich glaube nicht an diese Möglichkeit. Aber es sollte bedacht werden, dass die Sowjets den Verdacht geäußert haben, dass Anhänger von Bobby Fischer Boris Spassky mit Mikrowellen bombardiert haben könnten und dadurch für den Verlust der Weltmeisterschaft durch Boris Spassky in deren bekannter Schachpartie verantwortlich sind. In letzter Zeit veröffentlichte Untersuchungen durch sowjetische Wissenschaftler haben mich davon überzeugt, dass sie tatsächlich an das neurasthenische Syndrom glauben, aber die Grundlagen für die unterschiedlichen Überzeugungen von russischen und amerikanischen Wissenschaftlern betreffend das Syndrom und andere angebliche Gefahren von Mikrowellen niedriger Energie müssen noch erforscht werden. (...)

Einer der amerikanischen Pioniere der Mikrowellenforschung ist Allen Frey (...), ein freischaffender Biophysiker, Ingenieur und Psychologe. Freys wichtigste Leistung war die Entdeckung oder zumindest Bestätigung und Verbreitung von den interessanteren Forschungsarbeiten, die Mikrowellen und Verhalten miteinander verbinden. Menschen können Mikrowellen "hören". Die durchschnittliche Leistungsdichte, die benötigt wird um das Pfeifen, Klicken und Knallen zu hören, von dem es scheint, dass es innerhalb des Kopfes entsteht, ist ziemlich klein, zumindest um eine Größenordnung unter dem zur Zeit in den USA gültigen Grenzwert für die Bestrahlung mit Mikrowellen, der bei 10 mW pro Quadratzentimetern liegt. Um Mikrowellenenergie hören zu können, muß diese zuerst als ein Puls oder als eine Reihe von Pulsen hoher Amplitude moduliert sein, damit sie beim "Zuhörer" eine entsprechende Wirkung hat. Zuerst von den meisten Mikrowellenforschern in den USA zurückgewiesen wurde Radiofrequenzhören oder der Frey-Effekt wiederholt als Artifakt angesehen (Anmerkung: also auf Fehlmessungen zurückgeführt) bis die Beeinflussung des Verhaltens von Ratten durch Mikrowellenenergie niedriger Leistung in einer sehr gut kontrollierten Studie von Nancy King nachgewiesen wurde.

(...) Kurz nach dem Beenden dieser Studie und ihrem inoffiziellen Verbreiten durch die virtuelle Hochschule begannen die Skeptiker in entsprechend ausgerüsteten Mikrowellenlaboratorien in den USA zu erscheinen um "die Mikrowellen zu hören". Eine Mehrzahl war in der Lage die gepulste Mikrowelleenergie zu "hören" und endlich die Angaben zu bestätigen, die Frey seit fast einem Jahrzehnt gemacht hatte. (Anmerkung 2: Dazu drängt sich ein ironischer Kommentar auf. Denken sie an die Unterart des Menschen, den experimentellen Psychologen, der aus eigener Erfahrung erlangten Daten so tief misstraut, dass er eine darauf aufgebaute Annahme als sehr verdächtig ansieht bis bestätigende Daten bei tieferstehenden Tieren beobachtet worden sind. Der Witz an diesem speziellen Fall ist, dass der Nachweis der Beeinflussung des Verhaltens durch Mikrowellen bei einem dummen Tier nicht nachweist, dass das Tier eine "Hörerfahrung" macht. Ich hatte Zweifel am Frey-Effekt bis ich sah, dass Ratten auf gepulste Strahlung niedriger Intensität reagierten. Ich wurde bekehrt, obwohl ich zu der nicht zu kleinen Minderheit der Bevölkerung gehöre, die direkte Mikrowellenbestrahlung nicht hören können.

Die andere Seite dieser paradoxen Situation wird durch einen Kollegen, der bestätigtermaßen ein Zyniker ist, repräsentiert. Er sagte in meiner Gegenwart während er mit Mikrowellen bestrahlt wurde: "Gut, ich kann die verdammten Mikrowellen hören, aber ich glaub immer noch nicht daran!") Neuere Arbeiten von Foster und Finch (1974) legen nahe, dass der Frey-Effekt ein thermohydraulisches Phänomen ist. Die Forscher hängten ein Mikrophon in einen Behälter mit Wasser der mit gepulsten Mikrowellen niedriger durchschnittlicher Leistung bestrahlt wurde. Das Mikrophon lieferte Signale an den Verstärker, die sich als Audiosignal nicht unähnlich denen anhörten, die von direkt bestrahlten Versuchspersonen "gehört" wurden. Da sich die Dichte von Wasser mit der Temperatur ändert, genügten die winzigen darin durch die Absorption der gepulsten Mikrowellenstrahlung produzierten Temperatursteigerungen um kleine aber messbare Veränderungen des Wasserdrucks hervorzurufen. Schallproduktion durch gepulste Mikrowellen niedriger Intensität in wasserfreien Materialien, zum Beispiel kohlenstoffhaltigem Plastik und zerknüllter Aluminiumfolie wurde von Sharp, Grove und Gandhi nachgewiesen. Auch Personen, die Mikrowellen nicht hören können, wenn sie direkt bestrahlt werden, können klickende Geräusche hören, wenn ein Stück energieabsorbierenden Materials zwischen den Kopf und den Strahler der gepulsten Mikrowellenenergie gebracht wird.

Merkwürdigerweise scheint die Menge des benutzten Materials kaum von Bedeutung zu sein. Ich habe nach und nach immer kleinere Stücke als Schallwandler benutzt bis es nötig war, die winzigen Stücke auf einen Zahnstocher zu spießen. Trotzdem konnte ich die in dem Material durch Mikrowellenpulse hervorgerufenen klickenden Geräusche deutlich hören.

Der Nachweis der Umwandlung von Mikrowellenenergie in Schall durch wasserloses Material verringert die Wahrscheinlichkeit, dass ein thermohydraulischer Effekt an der Hörbarkeit der Mikrowellenenergie durch Menschen beteiligt ist. Trotzdem ist wahrscheinlich irgendeine Form thermoakustischer Umwandlung an der Hörbarkeit beteiligt. Wenn dem so ist, ist offensichtlich, dass einfache Erwärmung alleine keine hinreichende Grundlage für die Erklärung des Frey-Effekts ist. Die Notwendigkeit, die Strahlung zu pulsen, scheint auf einen thermodynamischen Vorgang hinzuweisen. Frey und Messenger haben gezeigt und Guy, Chou, Lin und Christensen haben bestätigt, dass ein Mikrowellenimpuls mit einer langsamen Anstiegszeit keinen Höreffekt hervorruft. Nur wenn die Anstiegszeit kurz ist, so dass die Anstiegsflanke des Radiofrequenzimpulses einem Rechteckimpuls entspricht, erhält man den Höreffekt. Also ist die Rate der Änderung der Wellenform des Impulses ein kritischer Faktor bei der Hörbarkeit. Bei einer thermodynamischen Interpretation würde sich ergeben, dass Information in der Energie kodiert werden und dem "Hörer" "mitgeteilt" werden kann.

Kommunikation ist tatsächlich vorgeführt worden. A. Guy (...), ein guter Morsefunker, ließ seinen Vater, einen pensionierten Eisenbahntelegrafisten, einen Morseschalter betätigen, wodurch jeweils ein Mikrowellenenergiepuls verursacht wurde. Indem er den Strahl auf seinen Kopf richtete, konnte er komplexe Nachrichten im Morsecode empfangen. Sharp und Grove (...) fanden heraus, dass durch entsprechende Modulation von Mikrowellenenergie diese zur direkten "drahtlosen" und "empfängerlosen" Sprachkommunikation benutzt werden kann. Sie nahmen die Sprache für die einsilbigen Wörter der Zahlen von 1 - 10 auf Tonband auf. Die der Sinuswelle entsprechende Aufzeichnung für jedes Word wurde dann so verarbeitet, dass jedes Mal, wenn die Welle in Richtung des negativen Wertes durch den Nullpunkt ging, ein kurzer Mikrowelleimpuls ausgelöst wurde. Indem sie sich selber mit diesen "sprachmodulierten" Mikrowellen bestrahlten, konnten Sharp und Grove die neun Worte leicht hören, identifizieren und unterscheiden. Sie hörten sich ähnlich der Sprache von Personen mit künstlichem Kehlkopf an. Die Übermittlung von komplexeren Worten und von Sätzen wurde nicht versucht, weil die für die Übertragung von längeren Nachrichten benötigte durchschnittliche Leistung in der Nähe des zur Zeit gültigen Sicherheitsgrenzwertes von 10 mW/cm2 gelegen hätte. Die Möglichkeit der direkten Kommunikation mit Menschen durch "empfängerloses Radio" hat offensichtliche medizinische und nichtmedizinische Anwendungsmöglichkeiten. Aber die heiß debattierte und ungelöste Frage mit wie viel Mikrowellenstrahlung ein Mensch ohne Gefährdung bestrahlt werden kann, wird wahrscheinlich die Anwendung in der nahen Zukunft verhindern. (...)

Die für die Entwicklung der zur Zeit gültigen amerikanischen Grenzwerte benutzten Daten wurden zum großen Teil unter gut kontrollierten Laborbedingungen mit simulierten biologischen Zielen gesammelt. Mit einer Flüssigkeitsmischung, die die durchschnittliche elektrische Charakteristik des menschlichen Kopfes simuliert gefüllte hohle Glaskugeln wurden im "freien Feld", also unter Bedingungen bestrahlt, in denen nur direkt von der Quelle ausgehende aber keine reflektierte Energie auf das Ziel fiel. Unter Bedingungen, in denen relativ starke Mikrowellenstrahlung auf Menschen trifft, beispielsweise auf Schiffen, in Flugzeugen oder in deren Nähe oder bei Radargeräten auf der Erde finden sich fast immer reflektierende Oberflächen, die zusätzliche Energie auf das biologische Ziel lenken können. Unglücklicherweise können zusätzliche reflektierte Energien wegen deren gerichteter Empfindlichkeit nicht durch Densitometer gemessen werden. Ein Radiofrequenzfeld das bei der Messung eine niedrige Energiedichte zeigt, kann tatsächlich beträchtliche Energiemengen enthalten. (...)

Guy und Korbel (...) haben Modelle von Ratten mit einem 500 MHz Mikrowellenfeld bestrahlt, das nach einer genauen Messung mit verschiedenen Densitometern eine Leistungsdichte von ungefähr 1 mW/cm2 zu haben schien. Es hatte sich vorher gezeigt, dass sich die Aktivität von mit dieser niedrigen Energiedichte bestrahlten Ratten verlässlich von der Unbestrahlter unterschied. (...) Guy und Korbel waren sich darüber im klaren, dass die Bestrahlung in einem elektrisch abgeschirmten Kasten stattfand. Da die Abschirmung dazu führen konnte, dass unentdeckte Reflektionen und dadurch Energiekonzentrationen in diesem Kasten auftreten konnten, wurden thermografische Untersuchungen an bestrahlten Modellen durchgeführt. Sehr hohe Konzentrationen von in Wärme umgewandelter Energie wurden gefunden, teilweise so hoch, dass sie bei lebenden Tieren zu kleinen örtlichen Verbrennungen in Kopf und Extremitäten führen würden. Die in den Modellen beobachteten heißen Punkte wären bei lebenden Tieren wegen des Wärmeausgleichs durch die Blutzirkulation weniger stark ausgeprägt. Von besonderem Interesse ist, dass die von den Modellen aufgenommene

Gesamtenergie oft viel höher ist, als man auf Grund der gemessenen Energiedichte des Mikrowellenfeldes annehmen konnte. Die Daten von Guy und Korbel sind eine klare Bestätigung der Vermutung anderer Forscher, dass die alleinige Verwendung der gemessenen Feldstärke als unabhängiger Variable bei biologischen Forschungen eine bedeutende Fehlerquelle ist. (...)

Die wichtigste Eigenschaft psychologisch wirkender Stimulation ist deren zeitliche oder räumlich Änderung. Ohne diese Änderung oder bei einer zu langsamen Änderung kann es vorkommen, dass selbst große Energiemengen zu keiner Beeinflussung des Verhaltens führen. Scripture (Scripture, E.W., The New Psychology, New York 1899, Seite 300) schreibt, daß ein Frosch nicht einmal zuckte, als man das Wasser in dem er sich befand langsam von der Körpertemperatur zum Kochen brachte. King gibt ein ähnliches Erlebnis mit Ratten, die über eine lange Zeit hinweg an die Bestrahlung mit gering erwärmender Strahlung in einem abgeschirmten Gehäuse gewöhnt waren. Während der Bestrahlung reduzierten die Tiere ihre Bewegung und es schien als ob sie einschlafen wollten. Ich dachte, ihre Tiere würden das neurasthenische Syndrom zeigen, bis sie die Körpertemperatur maß und herausfand, dass sie unter einer Art Hitzeerschöpfung litten. (...) Für die sowjetischen Wissenschaftler bedeutet ESP "elektrosensory" (nicht extrasensory) perception.

Radio waves and Life. Tom Jaski In: Radio-Electronics, September 1960, 43-45

Radiowellen und das Leben

In einem vor kurzem erschienenen Leitartikel (August 1959 (*Anmerkung: Wohl ebenfalls in Electronics*)), forderte Hugo Gernsback eine ernsthafte Neubewertung der Wirkung von Radiowellen auf die menschliche und tierische Physiologie. Im Hinblick auf die fast alltägliche Verwendung von Radargeräten mit hoher Leistung und Radiofrequenzerwärmung in der Industrie ist diese Warnung mit Sicherheit notwendig.
Es ist also nicht überraschend, dass die Luftwaffe sich bereits über dieses drängende Problem im Klaren ist, und dass sie eine Reihe von Projekten betreibt um die genaue Wirkung von Hochleistungsradarpulsen und Mikrowellen auf das menschliche und tierische Gewebe zu erforschen. Diese Projekte werden an unseren bedeutendsten Universitäten durchgeführt, von denen sich jede auf eine bestimmte Frequenz spezialisiert. Beispielsweise untersucht das Projekt an der Universität von Kalifornien unter der Leitung von Professor Charles Süsskind vor allem die Wirkung von Radar mit einer Wellenlänge von 3 cm. Die Versuche werden an Mäusen, Ameisen und Hefezellen durchgeführt. (...)

Ein interessantes Ergebnis bestand darin, dass Ameisen, die normalerweise in einer Petrischale ziellos umherlaufen, sich alle in einem 3 cm Feld in einer Richtung aufstellen und dabei ihre Fühler parallel zum Feld ausrichten, offensichtlich um die Wirkung des Feldes zu reduzieren. (...)
Vielversprechend ist die Tatsache, dass bei dem Ameisenversuch diese anscheinend bei der Bestrahlung mit dem 3 cm Feld zumindest zeitweise ihre Fähigkeit verloren, untereinander Informationen über Nahrung weiterzugeben, wie es Ameisen normalerweise tun. Es könnte von Bedeutung sein, dass die in dem Versuch verwendeten großen Ameisen Fühler haben, deren Länge ziemlich genau einem Viertel der Wellenlänge der 3 cm Strahlung entsprach. (...)
Ein Veröffentlichung von Wissenschaftlern des National Institute for Neurological Diseases über die tödliche Wirkung von Radiowellen der Frequenz 388 MHz auf Affen zeigt auch das starke Interesse an anderen Frequenzen sowie an nichtthermischen Wirkungen.

Frühe Berichte
Bereits 1930 berichtete Nrunori (*Anmerkung des Übersetzers: Der Name lautet eigentlich Brunori, wird aber in der Regel falsch wiedergegeben*) dass er Beweise dafür gesehen hat, dass der menschliche Körper Radiowellen mit einer Wellenlänge von 2,33 Meter und deren Oberwellen, also Frequenzen von 129, 258, 387 und 596 MHz "abstrahlt" und "auf diese reagiert"
Das führt uns zu einem Mann der vor mehr als 35 Jahren begann Artikel auf diesem Gebiet zu veröffentlichen. Der italienische Universitätsprofessor Cazzamalli setzte Versuchspersonen in einen abgeschirmten Raum, bestrahlte sie mit hochfrequenten Radiowellen und berichtete, dass er in der Lage war, ein "Klopfen" aufzuzeichnen, dass er mit einem einfachen unabgestimmten Detektorempfänger aus einem Kristall, einem kleinen Kondensator, einer Antenne und einem empfindlichen Strommesser empfing. Bild 1 zeigt Cazzamallis Geräte, wie sie aus seinen frühen Veröffentlichungen hervorgehen.

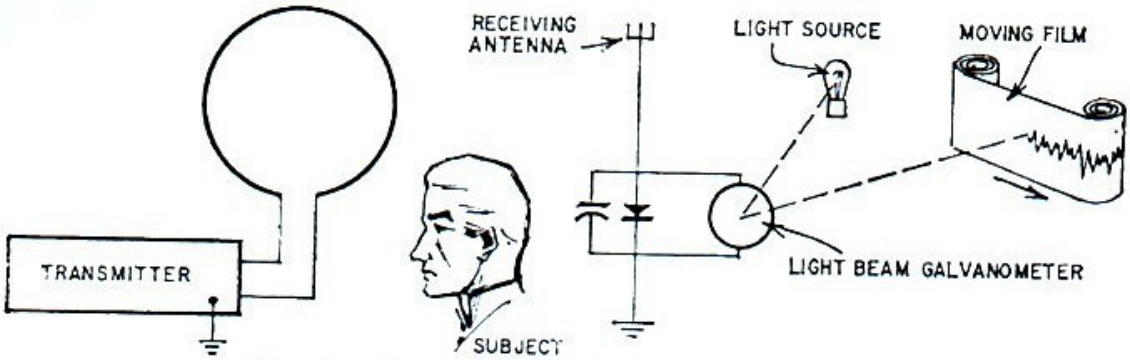


Fig. 1—Cazzamalli used this simple set-up to detect "radiation" from human subjects.

Was er nie erwähnt, vielleicht weil er sie nicht genau messen konnte, ist die Leistung seines Senders. Er veröffentlichte Oszillogramme die nach seinen Angaben verschiedene Arten des "Klopfens" zeigten während seine Versuchspersonen emotional erregt oder kreativ tätig waren. Spätere Versuche zeigten aufregendere Ergebnisse: Er fand dass einige seiner Versuchspersonen unter der Wirkung von hochfrequenten Radiowellen, die eine Frequenz von bis zu 300 MHz erreichten, halluzinierten. Cazzamallis Versuche wurden vorsichtig mit neuen und viel empfindlicheren Geräten nachvollzogen. Anstatt seines "Oszillatori Telegrafica" (vermutlich ein Sender für drahtlose Telegraphie) wurde ein Sender mit niedriger Leistung verwendet. (...) In einem vorangegangenen Experiment zeigte sich in ziemlich beunruhigender Weise, dass keine hohe Leistung nötig ist um eine Wirkung im menschlichen Nervensystem hervorzurufen. Tatsächlich schien es als ob es eine Art von Resonanzfrequenz für jede einzelne Person gibt.

Wirkung auf den Menschen
Dieser Versuch wurde durch den bereits genannten Versuch an Affen angeregt. Die Tiere zeigten eine Reihe von Verhaltensmustern die darauf hinwiesen, dass es eine andere Wirkung als nur die Erwärmung gab. Um herauszufinden, ob diese Wirkung auch von Menschen wahrgenommen werden kann, wurde ein schwacher Sender durch den Frequenzbereich zwischen 300 und 600 MHz gefahren und die Versuchsperson aufgefordert, mitzuteilen, wenn sie etwas ungewöhnliches bemerkt. Die Versuchspersonen konnten die Frequenzanzeige nicht sehen. Bei einer bestimmten Frequenz, die für verschiedene Versuchspersonen zwischen 380 und 500 MHz lag, nannten sie wiederholt mit fast unglaublicher Präzision (in bis zu 14 von 15 Versuchen) einen bestimmten Punkt.
Weitere Versuche mit den gleichen Personen zeigten, dass sie bei "ihrer" jeweiligen Frequenz eine merkwürdige Wirkung spürten. Als man sie aufforderte diese Wirkung zu beschreiben, waren sich alle Versuchspersonen einig, dass sie ein Pulsen im Gehirn, klingeln in den Ohren und das Verlangen hatten, den nächsten Wissenschaftler zu beißen. Der in diesem Fall verwendete Sender lieferte nur eine Leistung von wenigen Milliwatt und befand sich mehrere Fuß weit von der jeweiligen Versuchsperson entfernt.

Optische Wirkung und Wirkung auf das Wachstum
Das war nicht das erste Mal dass solche Wirkungen beobachtet wurden. Der holländische Wissenschaftler van Everdingen hat vor vielen Jahren entdeckt, dass Radiofrequenzstrahlung den Herzschlag von Hühnerembryos veränderte als er Versuche über den Einfluß von Hochfrequenzstrahlung auf das Wachsen durchführte. (...) Van Everdingen verwendete Frequenzen von 1875 und 3000 MHz und stellte fest, dass diese Strahlung die optischen Eigenschaften von Glycogenlösungen veränderte. Glycogen ist ein Stoff, der vor allem im frühen Stadium der Entwicklung reichlich in Hühnerembryos vorhanden ist. Es ist auch die Substanz, die unsere Muskeln mit Energie versorgt! Van Everdingen fand heraus, dass diese Änderung in der optischen Polarisation mit dem Tumorwachstum im Zusammenhang steht. Er veränderte die Polarisation von Extrakten die er von Tumor produzierenden Mäusen gewonnen hatte. Wenn die optisch "pure" Substanz Mäusen mit malignen Tumoren injiziert wurden und diese Mäuse ohne tierische Fette ernährt wurden, wuchsen diese Tumore nicht weiter. Nur Strahlung im UHF oder SHF Bereich haben diese Wirkung bei den von ihm verwendeten Substanzen verursacht. (...)
Der Franzose Lakhovsky behauptete Tumore bei Patienten mit Hochfrequenzstrahlung entfernt zu haben und in seinem Buch The Secret of Life finden sich eine Reihe von Aussagen von dankbaren Patienten die geheilt wurden. (...) In der russischen biophysikalischen Zeitschrift Biofisica veröffentlichte ein Wissenschaftler mit dem Namen Livshits zwei Artikel in denen über die Arbeit auf diesem Gebiet bis 1958 und 1959 berichtet wird. (...)

Viele dieser Versuche wurden mit Tieren auf der Grundlage des konditionierten Reflexes durchgeführt. Ein Versuch von Glezer zeigte dass ein schwaches UHF Feld den konditionierten Reflex unterdrückt, was auf eine Hemmung der Hirnrinde schließen lässt.
Wie in den Versuchen van Everdingens mit Hühnereiern zeigte Pardzhanidze dass das EEG von Kaninchen stark beeinflusst wurde wenn die Tiere einem UHF Feld ausgesetzt wurden. Bludova, Kurilova und Tikhonova zeigten, dass das Feld eine Zunahme der Empfindlichkeit der Retina verursachte und gleichzeitig das Gebiet der Farbempfindlichkeit verkleinerte. (...)
Turlygin zeigte ebenfalls dass die Empfindlichkeit der an die Dunkelheit angepassten Augen von Versuchspersonen bei sehr geringem Licht durch ein UHF Feld um bis zu 100 Prozent gesteigert wurde.

Auswirkung auf die Nerven
Wichtig im Hinblick auf die Angaben von Lakhovsky ist der Versuch von Grigoreva, die gezeigt hat, dass kurze Bestrahlungen mit UHF das Zusammenwachsen von getrennten Nervenzellen unterstützt während längere Bestrahlung das Zusammenwachsen unterdrückt. Vor vielen Jahren wurde entdeckt, dass ein UHF Feld eine schmerzstillende Wirkung auf Nerven hat und Bestrahlungstherapie von Patienten mit schmerzhaften Erkrankungen wie Arthritis wird hier und in anderen Ländern relativ häufig durchgeführt. Wenn das Feld sehr stark ist kann sich die Wirkung umkehren und die Wirkungen auf die Nerven können sehr schmerzhaft sein wie Lebedinski berichtet.

Eine Vielzahl von Versuchen werden angeführt die die gleichzeitige Wirkung von verschiedenen Arten von Drogen, Stimulanzien und Giften sowie UHF Feldern untersuchten. Viele dieser Versuche beschreiben sehr spezielle Reaktionen und Zustände so dass eine Verallgemeinerung nicht möglich ist. Einer dieser Versuche ist besonders interessant weil er mit der späten Arbeit von Pavlov, dem Vater des konditionierten Reflexes im Zusammenhang stand. Dieser Versuch zeigte dass das Feld die Histaminausschüttung im Magen verstärkt, während in weiteren Versuchen die durch Drogen wie Atropin absichtlich stimulierte Absonderung von Verdauungssaft durch das Feld reduziert wird. (...)
Hugh Fleming am Oregon State College hat Versuche über die Wirkung von Hochfrequenzfeldern auf Mikroorganismen durchgeführt. Fleming verwendete Strahlung mit Frequenzen zwischen 30 und 270 MHz (Wellenlänge zwischen 10 Metern und 90 cm). Ein Ergebnis war dass die Wachstumsrate von Zellen bis zu einer bestimmten Stärke zunimmt und sich dann stark verringert. Die Bestrahlungszeit und die Konduktivität des Mediums sind für die Wirkung wichtige Variablen. (...)

Es ist offensichtlich dass wir in irgendeiner Weise für Radiowellen empfindlich sind und dass diese Empfindlichkeit nicht notwendigerweise auf eine bestimmte Frequenz beschränkt ist. Auch sind die Energiemengen die benötigt werden um einige dieser Wirkungen auszulösen nicht groß.
Aber wie genau diese Wirkung stattfindet, ist uns nicht bekannt. Van Everdingen verweist auf die Möglichkeit molekularer Resonanz, die die chemischen Bindungen der Stoffe unseres Körpers beeinflussen. Der Versuch mit den Eiern deutet sicherlich auf eine Einwirkung auf die Hirnrinde (unsere "grauen Zellen") hin, die unser Denken und unsere Reflexe (von denen man im Allgemeinen annimmt, dass sie in den tieferen Bereichen des Gehirns entstehen, die aber in der Regel von der Hirnrinde kontrolliert oder unterdrückt werden) steuert.
Unsere Körperfunktionen wie zum Beispiel die Verdauung, das Sehen und die Fähigkeit beschädigte Nerven zu heilen könnten stark beeinflusst werden wenn wir einer entsprechend starken Strahlung ausgesetzt werden. Krebs kann durch die richtigen Radiowellen im Wachstum gestoppt werden, während in anderen Fällen, vor allem im Zusammenhang mit der "falschen" Ernährung Radiofrequenzstrahlung das Krebswachstum fördern kann. (Auch das wurde von van Everdingen in Holland erforscht.)

Wir wissen noch nicht ob die Länge des Lebens beeinflusst wird. Sicherlich sollten wir die Möglichkeit berücksichtigen, dass es einen Zusammenhang zwischen der Zunahme von Krebs und der Strahlenmenge die wir einfach in die Atmosphäre schießen, bestehen könnte. Oder dass es sogar einen Zusammenhang zwischen dieser Hochfrequenzstrahlung und der starken Zunahme von Kriminalität gibt. Wir wissen einfach nicht genug über die Wirkungen, aber das Wenige was wir wissen macht Mr. Gernsbacks Warnung eher noch dringender. Zur Zeit ist die von uns täglich aufgenommene Energie der Radiofrequenzstrahlung genauso wenig tödlich wie der ständig auf die Stirn eines Mannes fallende Wassertropfen - aber der wurde von den mittelalterlichen Folterknechten benutzt um das Opfer verrückt zu machen. Vielleicht haben wir eine Verantwortung für die Menschheit, ein für alle Mal herauszufinden, ob wir das menschliche Leben auf der Erde beeinflussen, bevor wir die Löcher im Radiofrequenzspektrum füllen. Und wenn wir es beeinflussen, in welcher Weise. So wie wir es zuletzt auch bei einer anderen Überraschung aus der Büchse der Pandora tun mussten, der durch den Menschen verursachten Radioaktivität.

Electronics and Brain Control, George L. Lawrence In: Popular Electronics, July 1973, Vol. 4, Number 1, pp 65-69

Elektronik und Gedankenkontrolle

(...) Es wurde (...) bewiesen, daß Personen plötzlich hören können ohne ihre Ohren zu verwenden, wenn man Energie im Gigahertz Frequenzbereich durch das menschliche Gehirn pumpt. (...)

Es wurde uns gesagt, daß unser Gehör nur auf akustische Reizung reagieren kann. Dieser "Fakt" ist weit davon entfernt den Tatsachen zu entsprechen. Von Dr. Frey und anderen durchgeführte Versuche zeigen eindeutig daß das Gehör des Menschen - und wahrscheinlich auch das der Tiere - auf elektromagnetisch Energie in zumindest einem Bereich des Radiofrequenzspektrums reagieren kann. Die Daten zeigen, daß bei Versuchen wie in Bild 2 gezeigt mit sehr geringen Energiemengen (um biologische Schäden auszuschließen) bei Frequenzen bis hinunter zu 200 MHz und bis mindestens bis 3 GHz das Gehör angeregt wird. Die Versuchspersonen berichteten, daß sie ein summendes Geräusch "hören" konnten, wenn sie der niedrigen Energiemenge ausgesetzt waren. Aber sie konnten keine dem Radiofrequenzgeräusch entsprechende Sinuswelle angeben. (*Anmerkung des Übersetzers: Man hat den Versuchspersonen wohl Sinuswellen verschiedener Frequenzen vorgespielt, die sie mit dem Radiofrequenzton vergleichen sollten*) Die scheinbare Quelle der summenden, klickenden, klopfenden oder zischenden Geräusche wird als im Kopf oder direkt hinter dem Kopf beschrieben. Dieser Ort ändert sich nicht, egal wie die Versuchsperson den Kopf im Radiofrequenzfeld dreht und wendet.

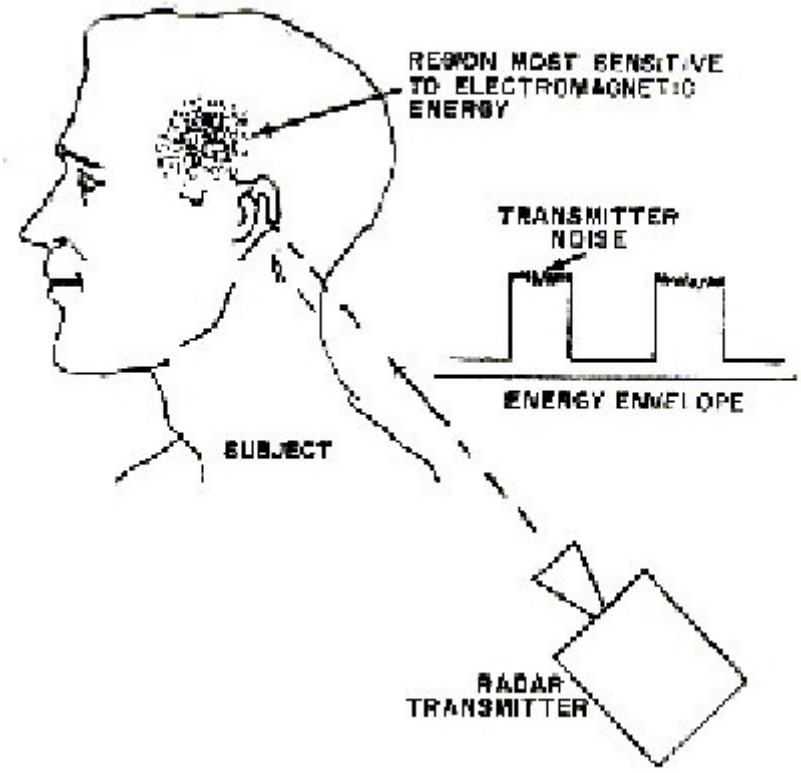


Fig. 2. Microwave susceptance area in brain.

Wärend dieser Versuche wurde eine sehr wichtige Entdeckung gemacht: Taube Personen konnten oft den Radiofrequenzton hören. Das medizinische Kriterium war, daß eine Person die akustischen Töne mit einer Frequenz von über 5 kHz, gleichgültig ob als Luft- oder als Körperschall, hören konnte, auch den Radiofrequenzton hören konnte. Diese und ähnliche Forschungen führten zum Bau von Radiofrequenzhörgeräten für Taube, von denen eines von Listening Inc., Garden St. 6, Arlington,

Mass. unter dem Namen Neurophone Model GPF-1 hergestellt wird. Dieses Gerät arbeitet bei 100 kHz und ist Quarzgesteuert.

Diese Untersuchungen passen zu der Tatsache, daß einige Personen durch die Füllungen in ihren Zähnen Radioprogramme hören können. Dieses Phänomen wurde technisch überprüft, indem Abschirmungen zwischen die entsprechenden Personen und die modulierten Radiofrequenzquellen gebracht wurden. Als die untere Hälfte des Kopfes einschließlich des Oberkiefers abgeschirmt wurde, konnten sie den Radiofrequenzton hören. Nach dem Abschirmen der oberen Hälfte des Kopfes war er verschwunden. Obwohl der für diesen Effekt verantwortliche Mechanismus nicht genau bekannt ist, kann man davon ausgehen, daß er die Folge einer direkten Reizung der Nerven der Hirnrinde ist. Wir kennen aber noch eine andere Form des Hörens, die sich bemerkbar macht, wenn der menschliche Kopf sich zwischen zwei großen Kondensatorplatten befindet, die von sich ändernden elektrostatischen Potentialen angeregt werden. Das sogenannte "elektrophonische Hören" wirkt anscheinend in quasi mechanischer Art auf das Trommelfell. Dieser Effekt ist ein neues nützliches Instrument in speziellen psycho-physiologischen Untersuchungen des Gehörs oder des vibrationsempfindlichen Tastsinns.

Natürlich wird nach Anwendungsmöglichkeiten dieser Forschungsergebnisse gesucht. Es laufen erste Studien über die Verwendung elektrodynamischer Gehirnsteuerung bei Tieren und sogar beim Menschen. Man denke dabei an den Gehirnwellenvorschlag auf der Grundlage von Ideen des verstorbenen Dr. Norbert Weiner, dem anerkannten Vater der Kybernetik.
Nach Weiner kann ein an der Decke hängendes Metallblech, das mit einem elektrostatischen Generator mit einer Frequenz von 10 Hz verbunden ist, bei Menschen unangenehme Empfindungen hervorrufen. Bei einer Feldstärke von 1 oder 2 Volt pro Quadratzentimetern stimmt dieses Wechselfeld ungefähr mit der Frequenz des Alpharhythmus der Gehirnwellen des Menschen überein. Dieses elektrische Feld versucht nun die Gehirnwellen auf der festen Frequenz des Generators halten. Elektronische Schlafmaschinen arbeiten nach ähnlichen Prinzipien wobei Ströme mit fester Amplitude und Pulslänge (in der Regel Rechteckpulse) mit Hilfe leitender Gesichtsmasken durch den Schädel und das Gehirn geleitet werden.

Gehirnkontrolle bei Vögeln
Die Radartechnik wird heute verwendet, um das Problem von Vögeln, die sich in der Flugbahn von schnellen Flugzeugen befinden, zu lösen. Die Idee dahinter ist, in den Gehirnen einzelner oder in Schwärmen fliegender Vögel solche Bewegungssteuerungen auszulösen, die dazu führen daß die Vögel einen Zusammenstoß vermeiden, indem sie die Flugbahn des Flugzeuges verlassen. Diese Forschungen wurden durch die erschreckend hohe Zahl von Zusammenstößen zwischen Vögeln und Flugzeugen ausgelöst, die jedes Jahr zu Sachschäden in Höhe von Millionen von Dollar und zum Verlust von Menschenleben führen. Diese Forschungen werden vom kanadischen National Research Council durchgeführt und versprechen Erfolge bei der Beeinflussung der Gehirne von Vögeln. Das vom NRC benutzte Testsystem besteht aus einem Karussell von Vogelkäfigen in denen sich lebende Hühner befinden (Bild 3).

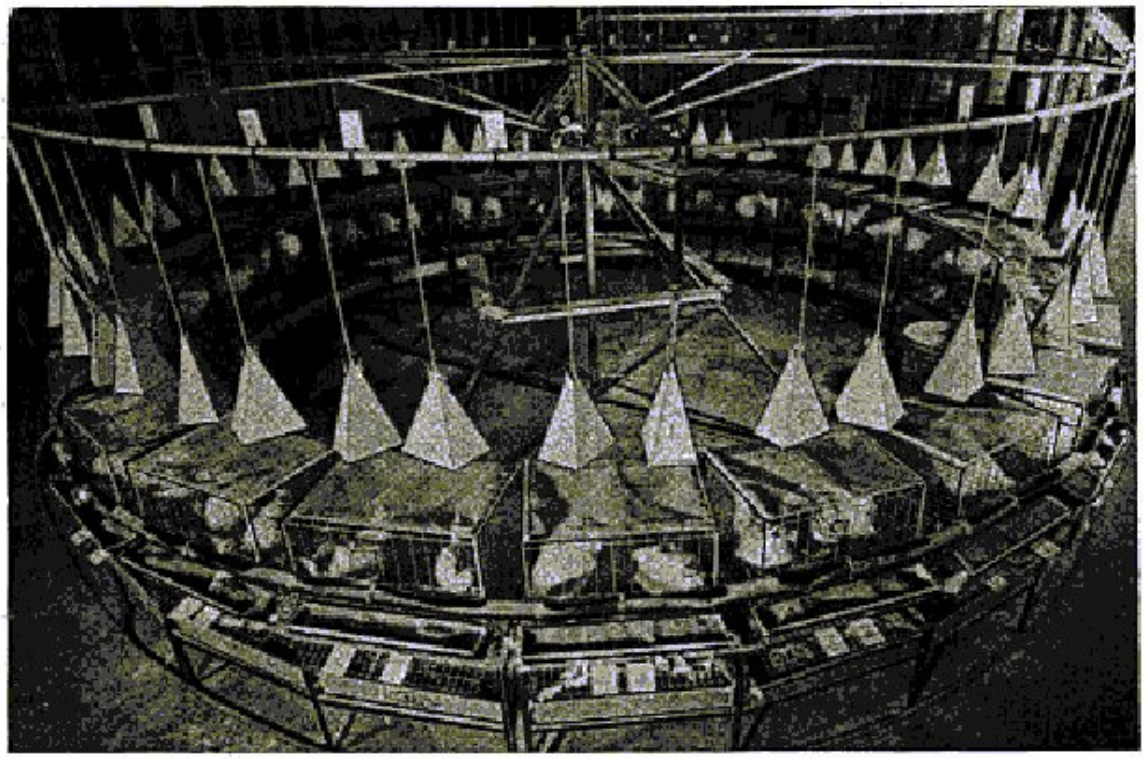


Fig. 3. Microwave test carousel to determine reactions in live birds. Only one cone is active; all others are dummies. (Courtesy National Research Council of Canada)

Nur eines der vielen Hörner, die über den Käfigen hängen, besitzt eine Mikrowellenantenne. Dieses Forschungsprogramm unter der Leitung von Dr. Alan Tanner zielt darauf hin, ein Mikrowellensystem zur Gehirnkontrolle zu entwickeln das die größtmögliche Wirkung auf die Vögel und dabei den geringsten Energieverbrauch hat. Wenn sie Mikrowellenstrahlung ausgesetzt werden, zeigen Vögel im Allgemeinen eine Fluchtreaktion. Diese Tatsache stellte sich während des 2. Weltkrieges heraus. Forscher fanden auch heraus, daß in jedem Fall das Mikrowellenfeld, durch das die Vögel flogen, von sehr geringer Stärke war - zu schwach jedenfalls, als daß die Verwirrung der Vögel und ihre Fluchtreaktion auf eine Erwärmung der Tierkörper zurückgeführt werden könnte.

Verschiedene Vogelarten haben unterschiedliche Verhaltensmuster. Im Labor sank der außerhalb des Strahlungsfeldes befindliche Flügel eines Vogels wenige Sekunden nach dem Einschalten des Mikrowellenfeldes herab, während der andere Flügel sich ausstreckte. Ähnliche Beobachtungen wurden auch bei den Beinen beobachtet. Manchmal flüchteten die Vögel aus dem Mikrowellenfeld. Bei der Drehreaktion wurde die äußere Seite des Vogels gelähmt. Kurz, der Mikrowellenstrahl beeinflusst das Nervensystem der Versuchstiere. Seemöwen und Tauben reagieren ähnlich obwohl die Möwen eher zur Flucht neigen.

Bemerkenswert ist, daß die Federn der Vögel eine größere Rolle bei der Wahrnehmung der Umgebung spielen, als man bisher angenommen hatte. Gerupfte Hühner zeigen bis zum 12. Tag, an dem neue Federn zu wachsen beginnen und deren Spitzen aus der Oberfläche der Haut herausragen, keine oder nur eine geringe Reaktion auf Mikrowellenfelder. Ungerupfte Hühner deren Schwanzfedern der Mikrowellenstrahlung ausgesetzt wurden, unterbrachen sofort ihr Herumsuchen im Käfig und bekamen nach 10 bis 20 Sekunden zunehmend Probleme. Nach dem Ausschalten des Mikrowellenfeldes plusterten die Vögel ihre Federn auf und ordneten sie dann. Die Kanadier glauben daß die physikalischen Eigenschaften des Federkiels - vor allem die piezoelektrischen Eigenschaften die lebendes Gewebe besitzt - Wirkungsmechanismen nahe legen, die bisher übersehen wurden. Allerdings sollte die Arbeit von Dr. Tanner und seinen Mitabeitern sowie die von Anderen durchgeführte Forschung bald zu einem Mikrowellenstrahl der richtigen Wellenlänge und Modulation führen, der Vögel schnell zu einem Verhalten bewegt das Zusammenstöße vermeidet.

Messung der Gehirnwellen.

Ungefähr vor 40 Jahren begann Universitätsprofessor F. Cazzamalli mit der Veröffentlichung von

Schriften über die Messung von Gehirnwellen und legte nahe, daß er Strahlungen des Gehirns entdeckt hatte. Wie Bild 4 zeigt, brachte er Versuchspersonen in einen abgeschirmten Raum (oder Faradayschen Käfig), strahlte UHF Wellen durch ihre Köpfe und berichtete darüber, daß er "Klopffrequenzen" mit einem nicht abgestimmten Empfänger aus einem Kristall oder einer Diodenröhre, einem Kondensator, einer Antenne und einem empfindlichen Lichtstrahlgalvanometer aufgezeichnet hat.

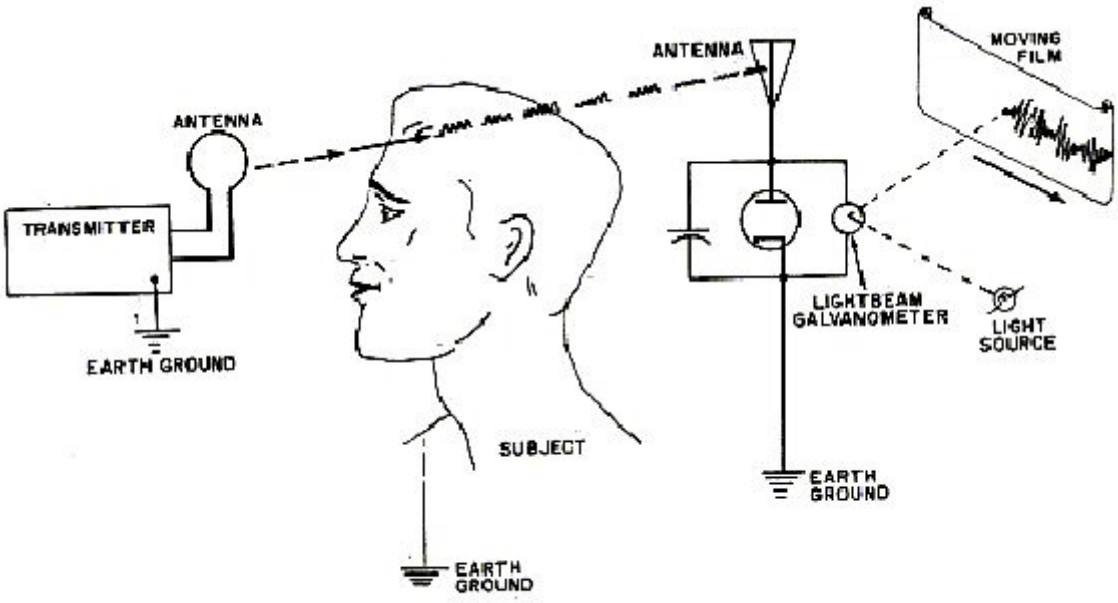


Fig. 4. Cazzamalli's brain-wave detector of some years ago is illustrated here.

Das Problem ist, daß Cazzamalli nie die Leistung seines Senders in seinen etwas unwissenschaftlichen Veröffentlichungen angegeben hat. Seine Oszillogramme sollten Veränderungen des "Klopfens" zeigen, wenn seine Versuchspersonen emotional erregt oder mit kreativen Tätigkeiten beschäftigt waren während sie sich in dem Faradayschen Käfig befanden. Später teilte er der erstaunten Welt mit, daß seine Versuchspersonen unter dem Einfluß seines "oscillatori telegrafica" halluzinierten, der zu dieser Zeit mit einer Frequenz von ungefähr 300 MHz arbeitete. Tom Jaski, ein bekannter wissenschaftlicher Autor und Ingenieur, wiederholte einige der Arbeiten von Cazzamali mit einem modernen Sender niedriger Leistung, der den Frequenzbereich von 300 MHz und 600 MHz durchfuhr. Seine Versuchspersonen konnten die Frequenzeinstellung nicht sehen. Sie sollten sofort ein Signal geben, wenn sie etwas ungewöhnliches spürten. In einem bestimmten Frequenzbereich zwischen 380 MHz und 500 MHz nannten die Versuchspersonen bei bis zu 14 von 15 Versuchen wiederholt genau gleiche Punkte. Bei diesen "individuellen" Frequenzen berichteten die Versuchspersonen über ein Klopfen im Gehirn, Klingeln in den Ohren und einen merkwürdigen Zwang, den Versuchsleiter beißen zu müssen. Die von diesem Sender abgestrahlte Leistung betrug nur wenige Milliwatt und dieser Sender befand sich mehrere Fuß weit von den Versuchspersonen entfernt.

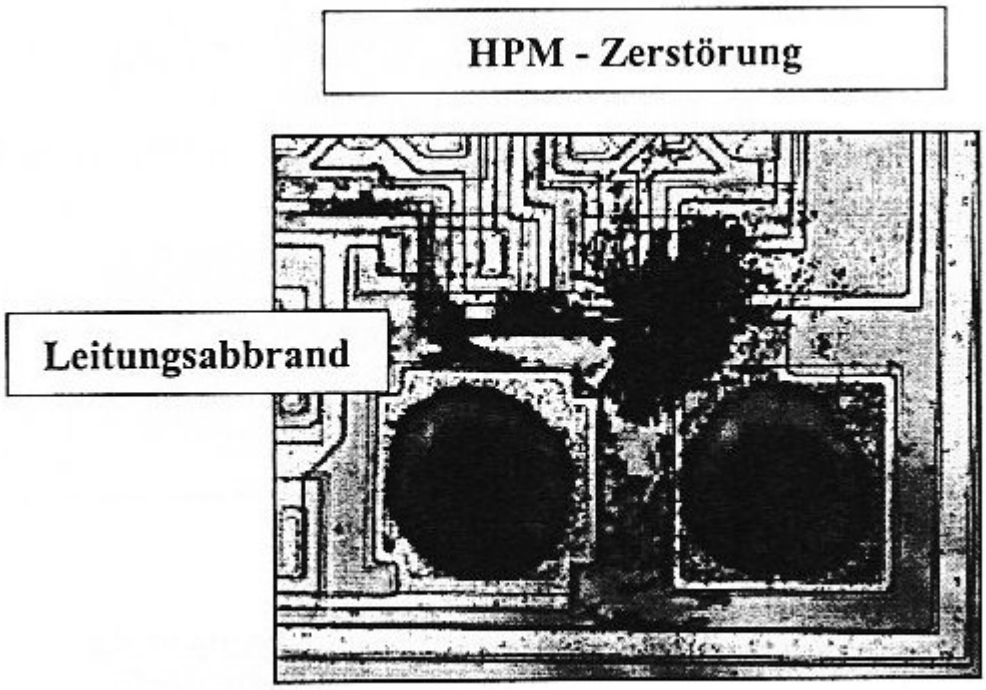
Die Schlussfolgerungen.

Wenn man die wenigen oben genannten Beispiele betrachtet, so erscheint es, daß sowohl Menschen als auch Tiere Gehirne besitzen, die für Radiofrequenzenergie empfindlich sind. Die Wirkungsmechanismen sind nicht genau bekannt, aber der Ort der Wirkung befindet sich offensichtlich im Bereich der Neuronen und der Synapsen. Ohne eine umfassende Forschung wissen wir auch nicht, inwieweit sich diese Empfindlichkeit auf unsere Lebenserwartung auswirkt. Es wurde in der Vergangenheit viel darüber spekuliert, wie elektromagnetische Strahlung unser gesellschaftliches Leben beeinflusst. So hat zum Beispiel der verstorbene Dr. Goldman einmal darauf bestanden, daß Radiofrequenzstrahlung es dem Es, also dem primitiven Gehirn, ermöglicht die Kontrolle über den Menschen zu erlangen. (*Anmerkung des Übersetzers: Diesen Text muß man aus der damaligen Zeit heraus verstehen. Heute würde wohl kein Wissenschaftler mehr Freudsche Begriffe verwenden um gemachte Beobachtungen zu erklären.*) Solche Überlegungen könnten eine Büchse der Pandora öffnen wenn sie zur Erklärung unserer steil ansteigenden Kriminalitätsrate und dem Rückgang des gesellschaftlichen Zusammenhaltes verwendet werden. Bevor wir also übereilt unsere Umwelt

elektromagnetisch verschmutzen, wäre es im Hinblick auf die Zukunft angebracht, ein und für alle Mal zu erforschen ob und welche schädlichen Wirkungen das auf unser Leben haben wird.

Angriffe auf die Technik

Der Staat hält sich Geheimdienste, die mit Gewalt gegen Oppositionelle und Personen, bei denen Dissens nicht auszuschließen ist, vorgehen. Dabei ist auch die Technik Ziel von Angriffen.
Durch Radiofrequenzstrahlung können elektronische Geräte gestört und zerstört werden. Bei der Störung wird ein Funksignal verwendet daß von Kabeln und Leiterbahnen der entsprechenden Schaltung aufgenommen wird und in dieser Schaltung Störsignale verursacht. Wenn das Störsignal besonders stark ist, können auch Halbleiter oder sogar Leiterbahnen zerstört werden.
Das folgende Bild stammt aus dem Beitrag "Überblick über HPM-Projekte des Fachgebietes EMV, nationale/internationale Aktivitäten" von Ruffing, veröffentlicht in "Workshop Hochleistungs-Mikrowellen", herausgegeben von der Bundesakademie für Wehrverwaltung und Wehrtechnik, Mannheim 2000.



Besonders effektiv wird die Energie der Radiofrequenzstrahlung in elektronischen Schaltungen aufgenommen, wenn Leiterbahnen und Verbindungskabel eine solche Länge haben, daß sie in Resonanz mit der einfallenden Strahlung sind, also wie eine Antenne wirken. So wurden auf einem Flughafen immer wieder die Tastaturen von Computern zerstört. Es war immer an der gleichen Stelle die Leiterbahn durchgebrannt. Nach einiger Zeit fand man heraus, daß diese Leiterbahn zufällig in ihrer Länge genau auf die Frequenz eines Radargerätes abgestimmt war und dadurch genügend Energie aufnahm um sie zu zerstören.

Aber auch wenn es nicht zu sichtbaren Schäden kommt können Geräte mit elektronischen Bauteilen so gestört werden daß sie ihre Funktion nicht mehr oder nicht mehr vollständig erfüllen können. So sind die Geheimdienste insbesondere in der Lage, Computersysteme zu stören und zum Absturz zu bringen. Auch lassen sich Computer von außen per Funk einschalten, wenn sie mit einem Drucktaster eingeschaltet und nicht mit einem Schalter mechanisch vom Netz getrennt werden. Dieser Drucktaster gibt einen kurzen Stromstoß an den Computer der ihn veranlasst hochzufahren. Diesen Stromstoß kann man auch mit Radiofrequenzstrahlung hervorrufen. Kabel der Tastatur und der Maus können auf eine gewisse Entfernung ausgelesen werden. Durch Einspielen von Funksignalen in die Kontakte der einzelnen Tasten (siehe auch Wellenüberlagerung) oder in die Kabel von Tastatur und Maus lassen sich Computer fernsteuern.

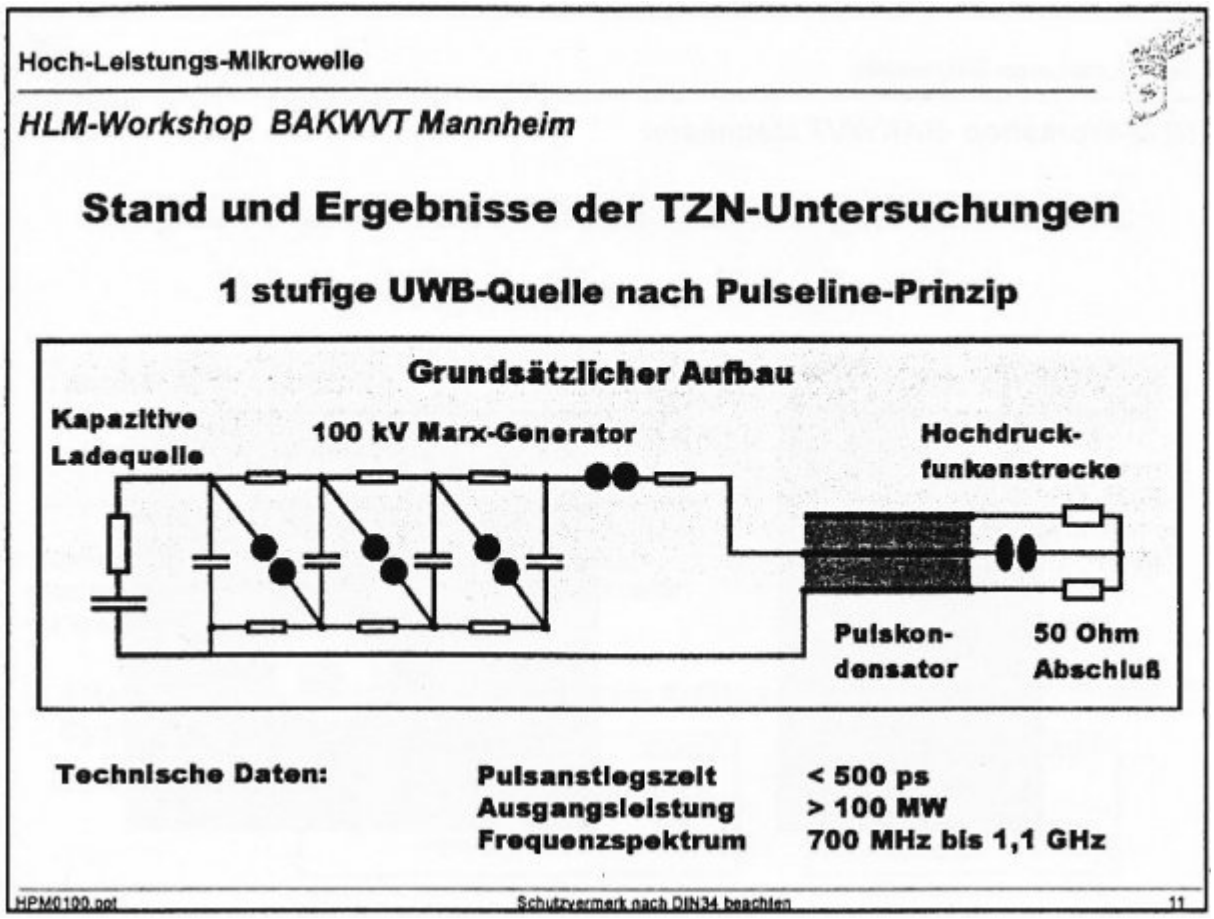
Der Computer kann verdeckt bedient werden, es können Daten von der Festplatte in den Speicher gelesen oder auf der Festplatte kopiert werden. Es kann auch die ganze Festplatte defragmentiert werden wobei ja alle Daten in den Speicher geladen werden. Bei allen diesen Vorgängen können die Daten ausgelesen werden, denn auch die im Computerinneren verlaufenden Kabel können abgehört werden. Eine Einwahl ins Internet kann ebenfalls vorgenommen und so Daten unbemerkt auf den Rechner kopiert werden.

Auch die Elektronik von Fahrzeugen wird gestört, wobei hier vor allem in die Zündung eingegriffen wird, um den Motor abzuschalten oder seine Leistung zu verringern. Der vom Zündfunken verursachte Hochfrequenzimpuls, den man ja gelegentlich auch im Autoradio als Klacken hören kann, wird zur Auslösung des Störsenders verwendet. Die Radiofrequenzstrahlung wird im richtigen Moment in der richtigen Stärke, mit der richtigen Frequenz und der richtigen Pulsform abgestrahlt so daß sie von der Zündanlage mit verarbeitet wird und so den Zündzeitpunkt verändert oder die Zündung vollständig unterdrückt.

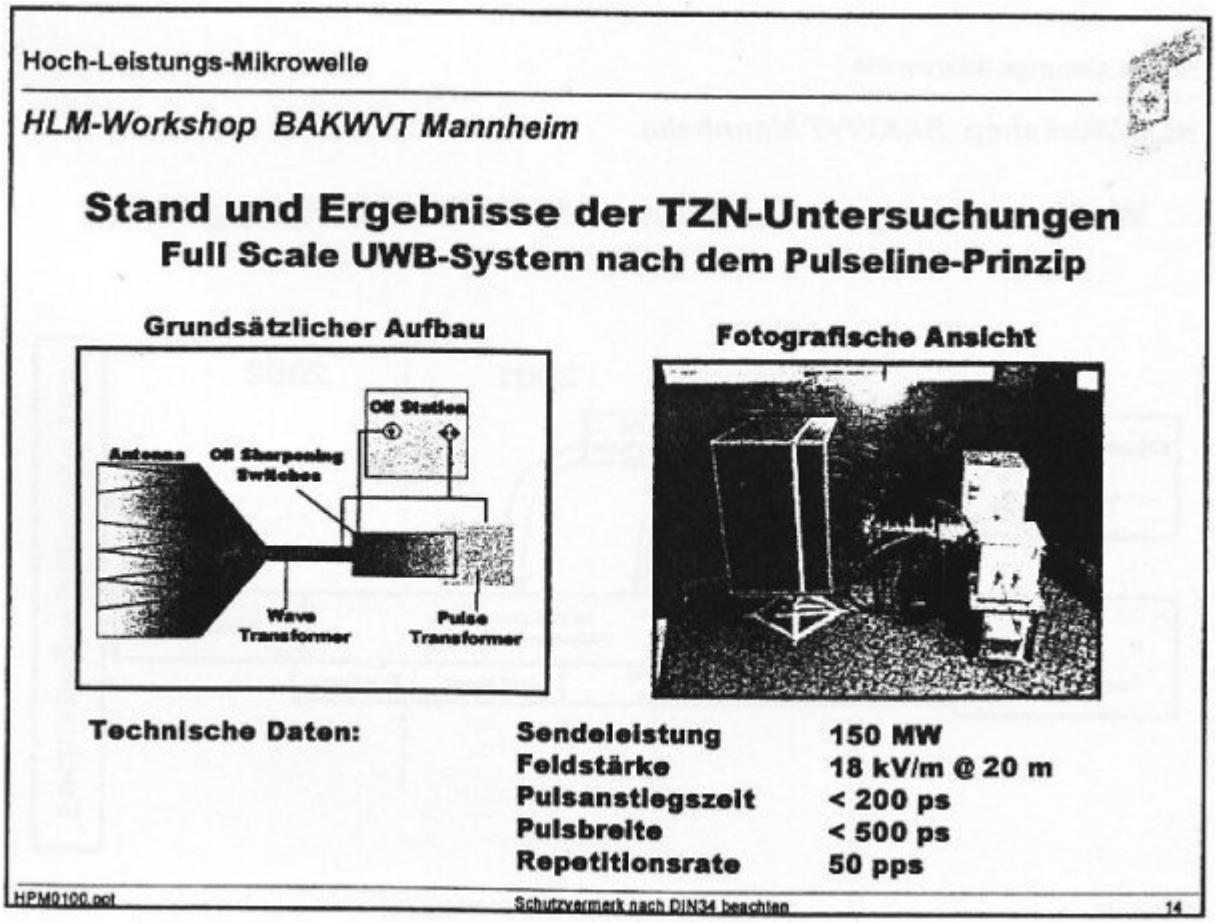
Durch einen veränderten Zündzeitpunkt hat der Motor eine geringere Leistung. Wenn die Zündung abgeschaltet wird bleibt der Motor stehen oder ein Zylinder läuft nicht mit. Außerdem steigt der Benzinverbrauch an. In einem Fall verdreifachte sich der Benzinverbrauch bei gleicher Fahrweise.
Im folgenden einige Bilder von Geräten die in der Lage sind, elektronische Schaltungen zu stören oder zu zerstören.

Das ersten Bilder wurden dem Beitrag "HPM-Breitbandquellen für waffentechnische Anwendungen - Ultra-Wide-Band-Technologie-" von Markus Jung entnommen. Veröffentlicht in "Hochleistungs-Mikrowellen".

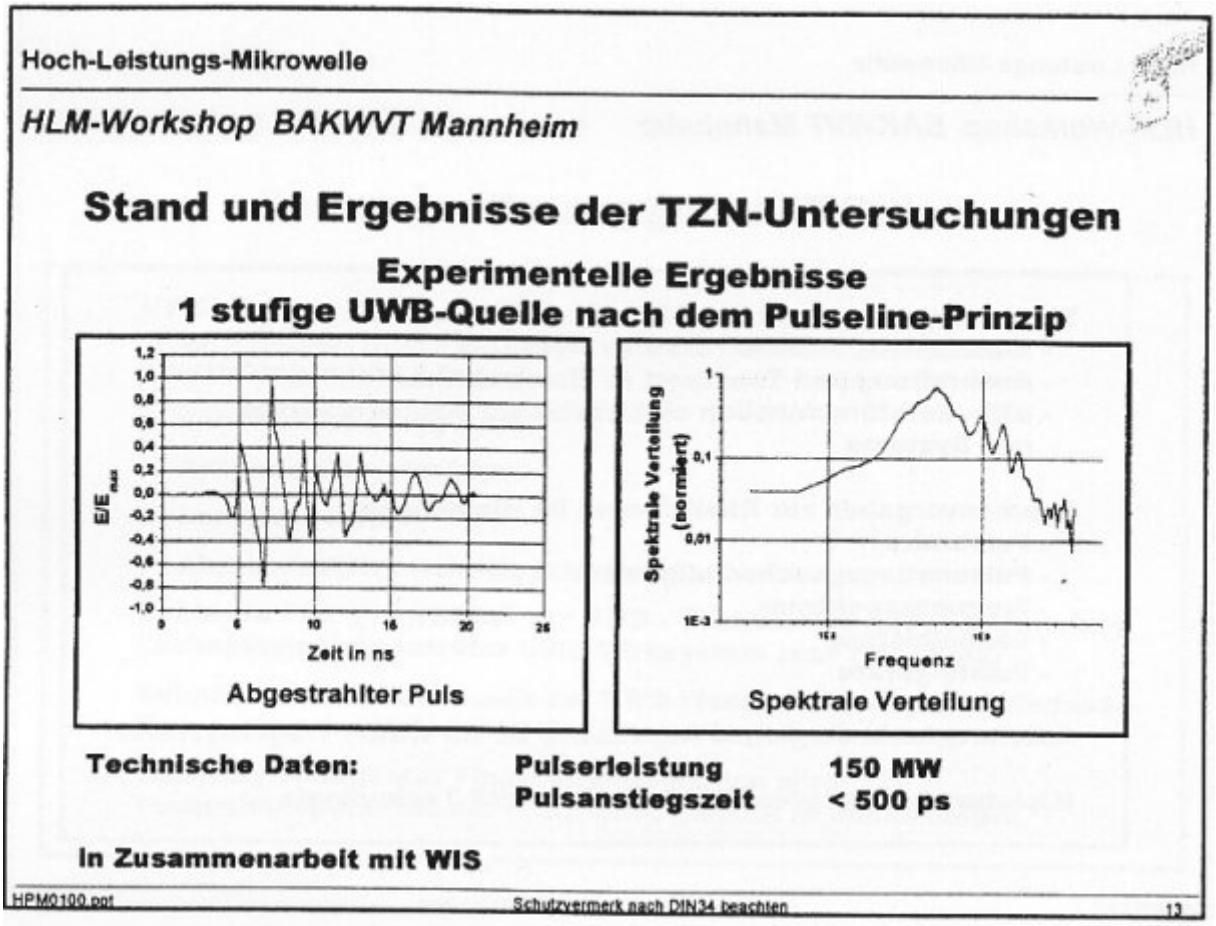
Dieses Bild zeigt einen Radiofrequenzstrahler für Ultrabreitbandpulse mit einer Leistung von mehr als 100 Megawatt und einer Frequenz von 700 MHz bis 1,1 GHz



Der prinzipielle Aufbau dieses Ultrabreitbandgenerators für Radiofrequenzstrahlung.

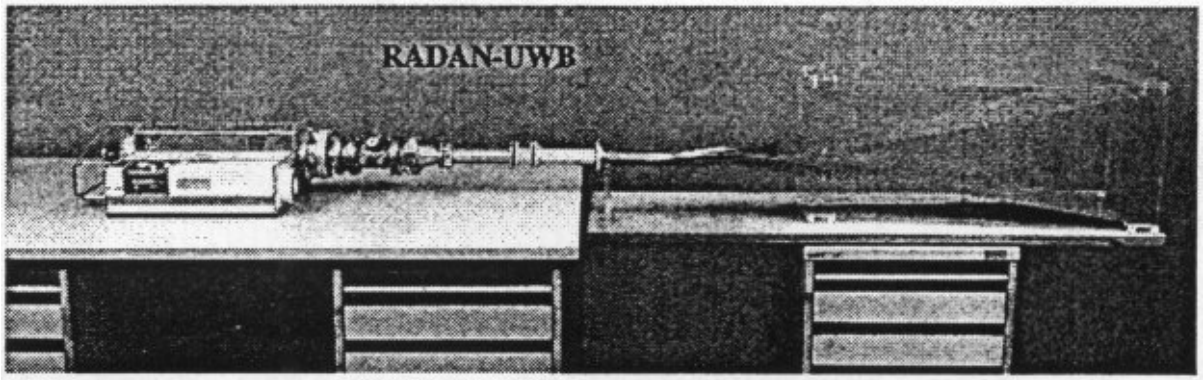


Verbessertes Gerät mit einer Leistung von 150 Megawatt und einer Pulswiederholrate von 50 Pulsen pro Sekunde. Dieses Gerät kann in einer Entfernung von 20 Metern eine Feldstärke von 18 Kilovolt pro Meter erzeugen.

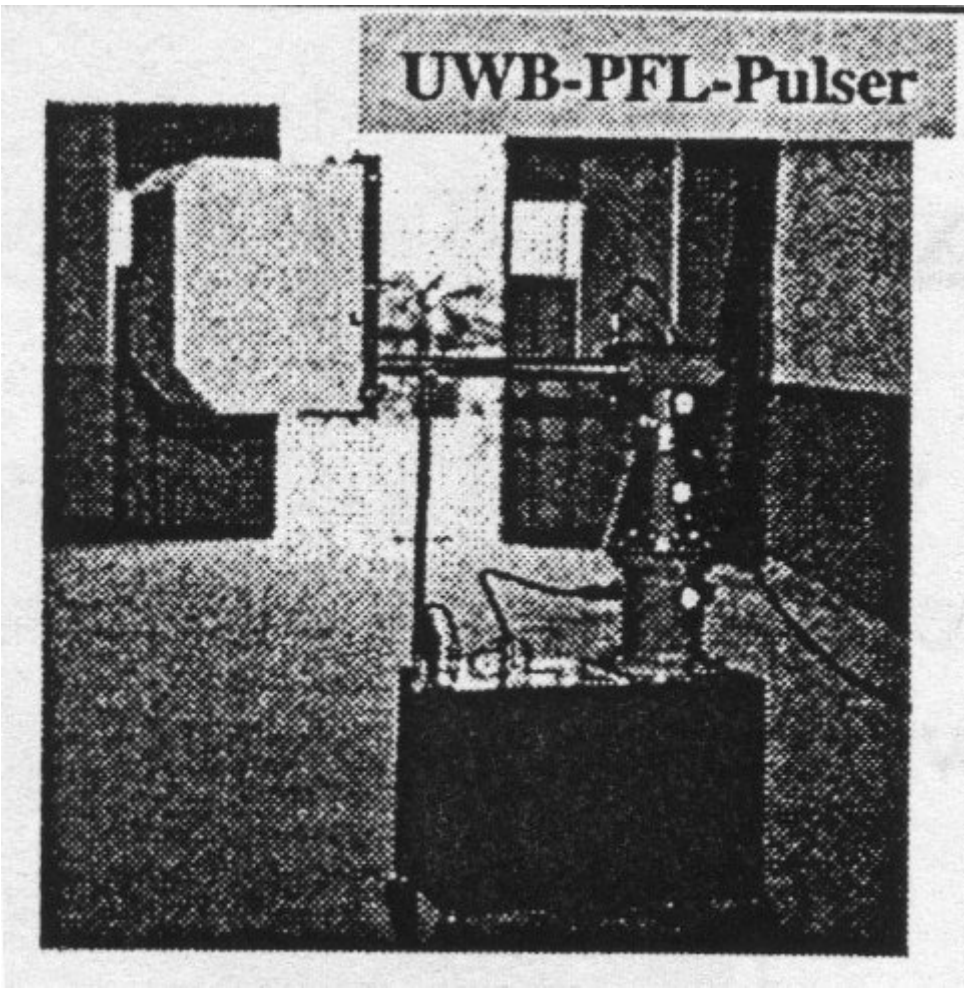


Pulsform und spektrale Verteilung des erzeugten Pulses.

Auch der Aufsatz "HPM und UWB Quellen für waffentechnische Anwendungen ExMiQu - die explosivstoffgetriebene UWB-Quelle" von T. Ehlen, J. Bohl, F. Sonnemann findet sich in dem oben genannten Buch. Daraus die folgenden Abbildungen.

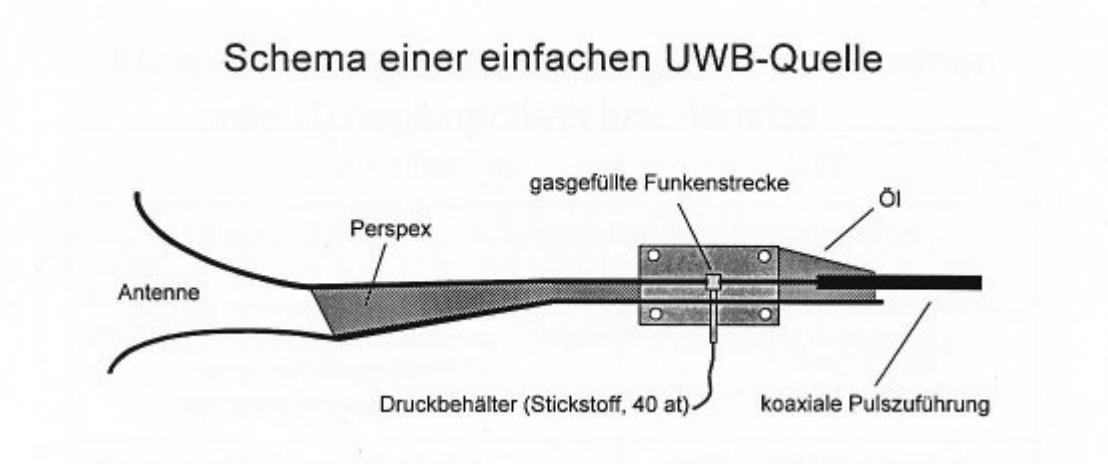


Dieses Gerät ist von einer deutschen Firma in Rußland beschafft worden um die Zerstörung von Halbleitern durch Ultrabreitbandpulse von Radiofrequenzstrahlung in einem PC vorzuführen.

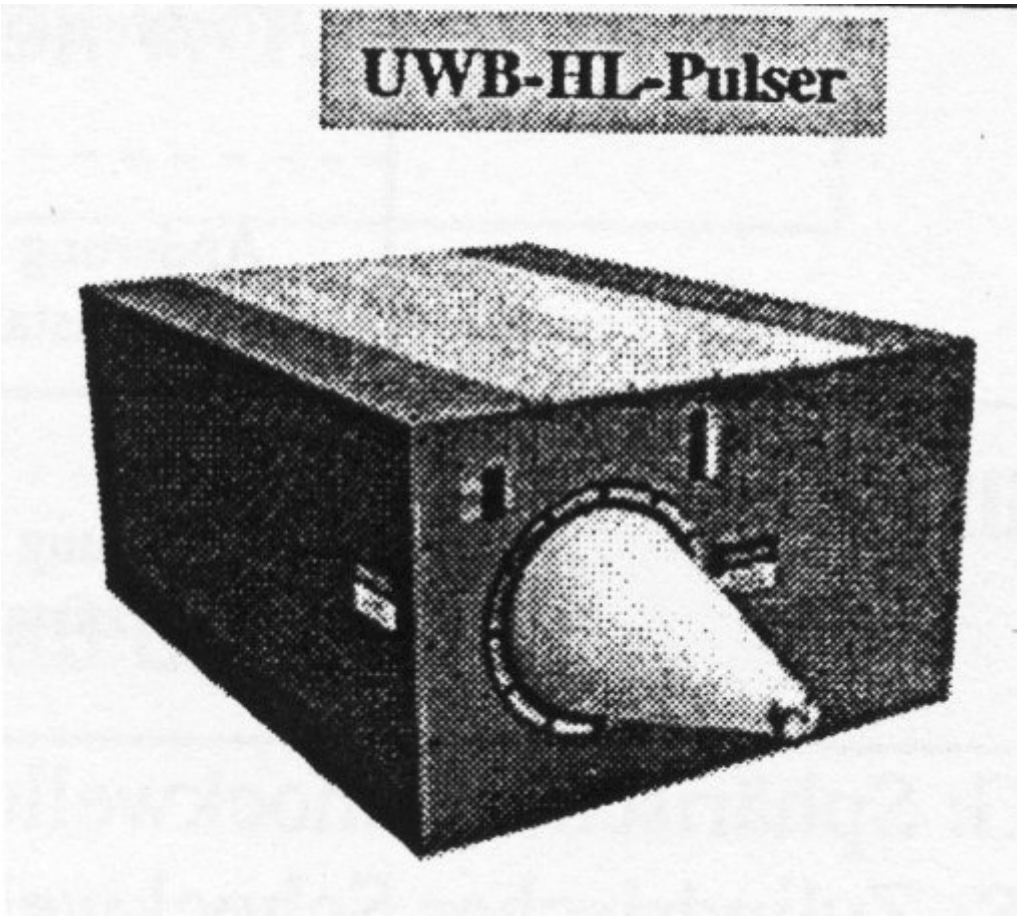


Eine Weiterentwicklung des in Rußland beschafften Gerätes.

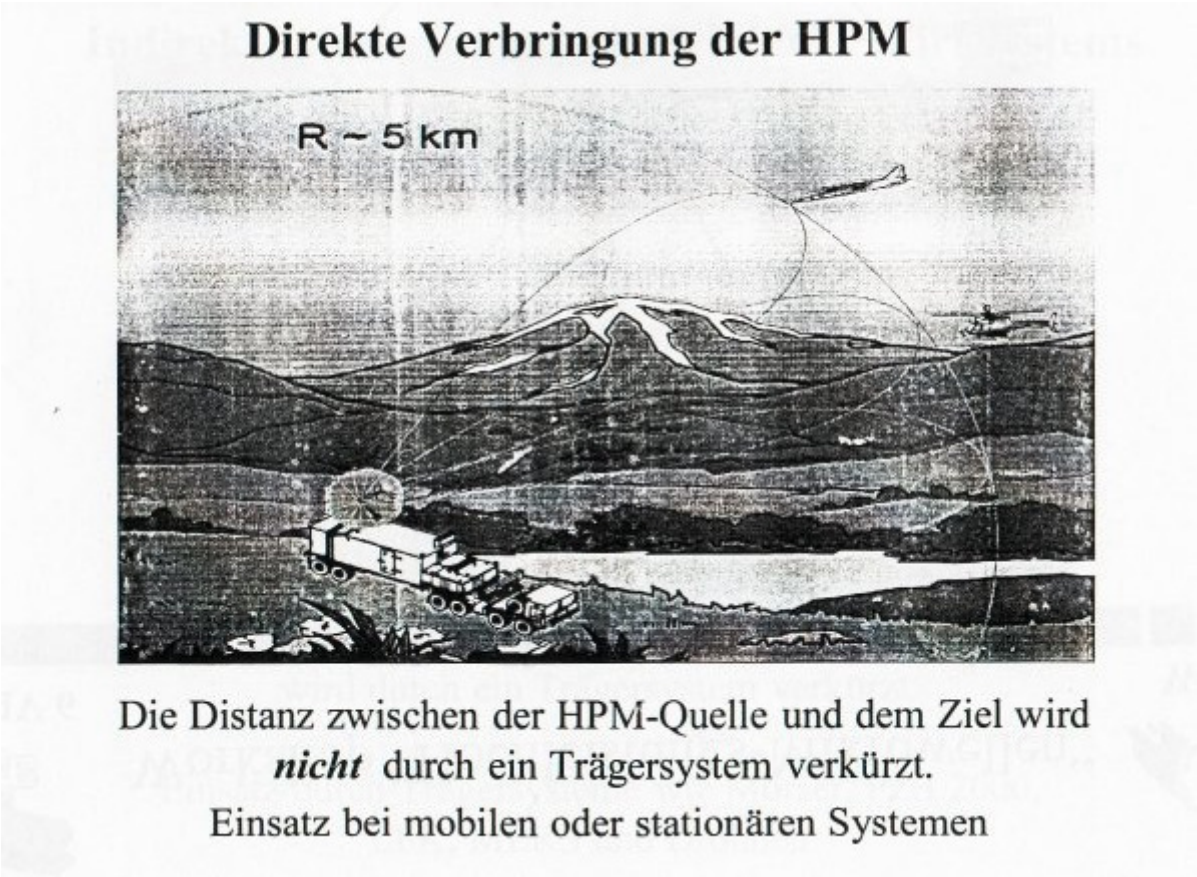
Die oben gezeigten Geräte arbeiten nach dem gleichen Prinzip wie die ersten Funkgeräte, allerdings mit einer höheren Leistung. Die in Kondensatoren oder Spulen gespeicherte elektrische Energie wird über eine Funkenstrecke entladen, wodurch Radiofrequenzstrahlung entsteht die dann abgestrahlt wird. Das Funktionsprinzip zeigt das folgende Bild aus "Einführung in Hochleistungs-Mikrowellen (HPM), Entstehung und militärische Bedeutung" von W. Ochs, in "Hochleistungs-Mikrowellen". Es handelt sich dabei um die Schemazeichnung einer amerikanischen Entwicklung mit der Bezeichnung DERA.



Bei dem letzten Gerät handelt es sich um einen Ultrabreitband-Pulser auf Halbleiterbasis. Ebenfalls veröffentlicht in "HPM und UWB Quellen für waffentechnische Anwendungen ExMiQu - die explosivstoffgetriebene UWB-Quelle" von T. Ehlen, J. Bohl, F. Sonnemann. Geräte auf Halbleiterbasis haben einen weitaus höheren Wirkungsgrad, haben also auch einen geringeren Energieverbrauch und sind dadurch bei gleicher Ausgangsleistung viel kleiner. Das Gerät kann eine Feldstärke von bis zu 1 Million Kilovolt pro Meter erzeugen. Die Pulslänge beträgt 10 bis 100 Nanosekunden.



Das nächste Bild zeigt die Reichweite von Hochleistungs-Mikrowellenwaffen (HPM). Es ist in dem Beitrag "Künftige F & T-Planung HP-Quellen" von R. Kuhnke in "Hochleistungs-Mikrowellen" veröffentlicht.



Daß diese Technik nicht mehr ganz so neu ist kann man in "Radar: Die Ortsbestimmung mittels Radiowellen" von R.W. Hallows, Bern 1946, nachlesen:
"Wer die östlichen und südlichen Küstengebiete Englands in den Jahren vor dem Krieg besuchte, stand rätselhaften Mastengruppen gegenüber, welche an sehr vielen Orten auftauchten. Man hörte die unmöglichsten Gerüchte darüber. Nicht wenige waren überzeugt, daß sie etwas mit Todesstrahlen zu tun hätten, und man hörte Geschichten von langen Reihen von Automobilen, deren Motoren beim Vorbeifahren zum Stillstehen gebracht worden seien."

Auch wenn man davon ausgeht, daß es sich bei den Installationen ausschließlich um Radaranlagen handelte, so war doch die Bevölkerung ganz gut über die technischen Möglichkeiten des Einsatzes von Radiofrequenzstrahlung informiert.

Nicht nur gegen Personen, sondern auch gegen Autos, Flugzeuge, Computer und andere Geräte die elektronische Bauteile enthalten werden Radiofrequenzwaffen eingesetzt.

The future battlefield: a blast of gigawatts?
Both the United States and the Soviet Union are developing microwave generators to assess vulnerabilities of missiles and aircraft to high-power beam weaponry
H. Keith Florig
In: IEEE Spectrum 25 (3): 50-54 (1988), New York

Das Schlachtfeld der Zukunft: Ein Kampf mit Gigawatts?

Sowohl die Vereinigten Staaten als auch die Sowjetunion entwickeln Mikrowellengeneratoren um die Verwundbarkeit von Raketen und Flugzeugen durch Strahlenwaffen hoher Leistung zu untersuchen.

Mikrowellen können heute mit so hohen Leistungen hergestellt werden, daß die Vereinigten Staaten und die Sowjetunion deren militärisches Potential bewerten.
Die größte Gefahr besteht darin, dass ein Gegner Mikrowellen hoher Leistung benutzen könnte, um elektronische Schaltungen, von denen viele militärische Systeme abhängen, zu stören oder zu zerstören. Sowohl strategische als auch taktische Systeme sind mögliche Angriffsziele: Flugkörper, ballistische Interkontinentalraketen, Satelliten, Flugzeuge, Panzer, Radargeräte sowie Fernmelde- und Navigationsanlagen.
Weil aber die Streitkräfte der Vereinigten Staaten und der NATO stärker von empfindlicher Elektronik in intelligenten Waffensystemen und ausgeklügelten Radarsystemen abhängig sind als die sowjetischen und Warschauer Pakt Armeen, könnte der Westen verletzlicher durch Mikrowellenwaffen sein.

Die Forschungsergebnisse weisen auch auf einige Mechanismen hin, mit denen Strahlen Soldaten bekämpfen oder zeitweilig ausschalten könnten. (...)
Hochleistungsmikrowellen können jedes System dass auf der Verarbeitung elektronischer Signale beruht stören. Bei hohen Energiedichten zerstören sie empfindliche elektronische Halbleiterbauteile in elektronischen Schaltungen. Die am meisten gefährdeten Bauteile sind Empfängerdioden von Radargeräten und Kommunikationseinrichtungen, integrierte MOS Schaltungen die einen geringen Energieverbrauch haben und vielleicht sogar die Halbleiter in den elektronischen Zündsystemen von Fahrzeugen. Sehr hohe Energiedichten könnten sogar Sprengladungen von Raketen, Bomben und Granaten zur Explosion bringen.

Mit Mikrowellen niedrigerer Energiedichte können elektronischen Schaltungen bombardiert werden wobei falsche Signale ausgelöst werden, so daß das betroffene Gerät entweder mit Fehlsignalen zugestopft wird oder das Gerät selbst zeitweilig außer Betrieb gesetzt wird. Man nimmt an, dass mehrere Abstürze von Black Hawk Hubschraubern des amerikanischen Heeres seit dem Jahre 1982 die Folge von Beeinflussungen des Steuersystems der Hubschrauber durch Radiofrequenzstrahlung beim Flug in der Nähe von Boden- und Schiffsradar oder von Funkanlagen zur Nachrichtenübertragung sind.
Halbleiterbauteile können ausfallen, wenn die aufgenommene Energiemenge zur Überhitzung führt. Weil die Halbleiterzonen der Bauteile sehr klein sind, benötigen sie nur eine Mikrosekunde, um die aufgenommene Energie wieder an die Umgebung abzugeben. Die stärkste Bedrohung für Halbleiterbauteile stellen gepulste Mikrowellenwaffen mit Pulslängen von einer Mikrosekunde und darunter dar.

Auch wenn die Grenzwerte für die Zerstörung einzelner Bauteile wie MOS Transistoren und Empfängerdioden relativ gut bekannt sind, haben Forscher erst in letzter Zeit begonnen zu verstehen, wie Hochleistungsmikrowellen in ganze Systeme eindringen. Diese Aufgabe ist nicht einfach. Ingenieure haben einige Erfahrung darin, die Bedrohung durch den nuklearen elektromagnetischen Puls (EMP) einzuschätzen. Aber diese Erfahrung ist von begrenztem Wert, denn die Frequenzen der Hochleistungsmikrowellen im Bereich von 0,5 bis 100 Gigahertz liegen weit über den Frequenzen des EMP von 1 bis 100 Megahertz.
Hochleistungsmikrowellen können in elektronische Systeme durch die "Vordertür" oder durch die

"Hintertür" eindringen. Energieeinkopplung durch die Vordertür bezeichnet die Übertragung von Energie über Antennen elektronischer Systemen die Sendern oder Empfängern enthalten. Einkopplung durch die Hintertür bezeichnet das Eindringen von Energie in elektronische Systeme durch Öffnungen und Nähte des Gehäuses.
Einkopplung durch die Vordertür findet am stärksten bei der Frequenz statt, für die die Antenne konstruiert wurde. Die Empfindlichkeit eines Systems gegenüber einer solchen Kopplung kann oft aus der Charakteristik seiner Antenne und seines Empfängers abgeschätzt werden. Einkopplung durch die Hintertür ist ein weitaus komplizierteres Phänomen.

Die Gehäuse der meisten elektronischen Schaltungen dienen dazu, diesen Halt zu geben und sie bis zu einem bestimmten Grad vor elektromagnetischen Einflüssen zu schützen. Ray King und seine Mitarbeiter im Lawrence Livermore National Laboratory in Livermore, Kalifornien untersuchen die Einkopplung durch die Hintertür indem sie nicht vollständig geschlossene Gehäuse mit gepulsten und ungepulsten Mikrowellen bestrahlen und die in Drahtstücken innerhalb der Gehäuse hervorgerufenen Signale messen. Das Ausmaß in dem die Mikrowellen sich in die Drähte einkoppeln hängt von der Energiemenge ab, die in das Gehäuse eindringt sowie von der Resonanzcharakteristik.

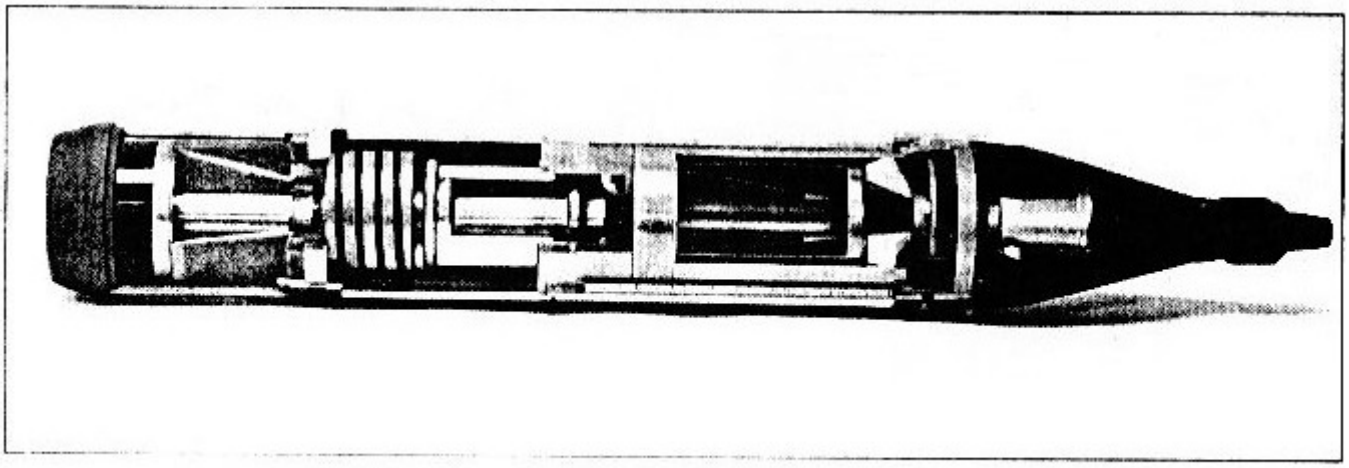
Messungen der Einkopplung in Drähte in Gehäusen mit kleinen Öffnungen zeigen starke Resonanzen bei verschiedenen Frequenzen. Die Einkopplung ist am stärksten bei der Resonanzfrequenz der Gehäuseöffnungen, also bei Wellenlängen die der Größe der Gehäuseöffnungen entsprechen. Die Einkopplung verringert sich mit abnehmender Frequenz für Frequenzen unterhalb der Resonanzfrequenz der Öffnungen mit gelegentlichen kleinen Erhöhungen bei den Resonanzfrequenzen der Drähte im Gehäuse. Oberhalb der Resonanzfrequenz der Öffnung zeigt die Einkopplung eine gleichmäßigere Abnahme mit schmalen Resonanzfrequenzen wegen der komplexen elektromagnetischen Verhältnisse des Hohlraumes des Gehäuses.

Wenn der einfallende Hochleistungsmikrowellenstrahl stark genug ist, kann Luft innerhalb der Öffnungen und Nähte des Gehäuses ionisiert und dadurch leitend werden In diesem Fall werden die Öffnungen abgeschirmt und ein weiteres Eindringen der Mikrowellenenergie verhindert. So nimmt die Einkopplung von Energie bei einigen Systemen innerhalb eines bestimmten Bereichs der einstrahlenden Mikrowellenenergie mit zunehmender Stärke ab. Die Verletzlichkeit eines bestimmten Systems wird nicht nur durch Abschirmung und Einkopplung in Drähte und Kabel der Schaltung, sondern auch durch Beeinflussung der verschiedenen Untersysteme durch Spannungs- und Stromstöße an ihren Ein- und Ausgängen bestimmt. Diese Beeinflussung kann oft durch direkte Einleitung von Pulsen im Gigahertzbereich in diese Untersysteme, mit denen man Pulse von Mikrowellenstrahlung simuliert, erforscht werden.

Die Forschung an Originalsystemen ist der Simulation vorzuziehen. Aber die zum Testen von Flugzeugen und bodengestützten Waffensystemen notwendigen Mikrowellenquellen hoher Leistung müssen erst noch entwickelt werden. Auch wenn sie einmal vorhanden sind wird es weiterhin unmöglich bleiben, die Unverwundbarkeit eines jeden Systems durch Angriffe mit Hochleistungsmikrowellen zu garantieren. Es würde viel zu viel kosten, ein einzelnes System mit mehr als einigen Beispielen der möglichen Kombinationen aus Mikrowellenfrequenz, Bandbreite, Pulslänge, Spitzenleistung, Strahlrichtung und Strahlpolarisation zu testen. Systementwickler können eine Anzahl von Maßnahmen ergreifen um die Möglichkeit der Zerstörung oder Beeinflussung durch Hochleistungsmikrowellen zu verringern. Systeme, Untersysteme und Verbindungsleitungen können abgeschirmt werden. Filter können Einkopplung von systemfremden Frequenzbereichen verringern Untersysteme können durch Lichtwellenleiter verbunden werden. Bauteile zum Schutz vor Überspannung oder zu hohem Strom können starke Pulse abblocken. Empfindliche Bauteile wie logische MOS Bauteile können durch weniger empfindliche Schaltungen ersetzt werden. Die Betriebszeit empfindlicher Sender und Empfänger kann reduziert werden. Reserveschaltkreise können vorgesehen werden.

Keine dieser Maßnahmen bietet absoluten Schutz und die Meisten verteuern das Gerät, verschlechtern die Leistung, erhöhen das Gewicht und erfordern mehr Wartung.

In diesem Beitrag werden unter anderem Mikrowellenbomben beschrieben. Das folgende Foto einer EMP-Granate stammt aus dem Buch "Future War. Non-Lethal Weapons in Twenty-First-Century Warfare" von John B. Alexander, New York 1999.



Model of a 155mm RF round. *(Courtesy of Los Alamos National Laboratory)*

Bild einer aufgeschnittenen 155mm Radiofrequenzgranate zur Zerstörung elektronischer Geräte.

Die Welt, 20.01.2003

Tödliche Mikrowellen aus dem Aktenkoffer

Starke elektromagnetische Pulse könnten die Computerzentren der Industrieländer zerstören - Schutzmaßnahmen sind möglich
Von Manuela Stabaty

Berlin - Wer das elektromagnetische Spektrum beherrscht, wird im Krieg der Zukunft siegreich sein, sagen die Militärexperten. Tatsächlich ist die Bedeutung der unsichtbaren Wellen mit ihren sehr unterschiedlichen Frequenzen für den Verlauf von Kriegen immer bedeutender geworden.

Im Ersten Weltkrieg wurden bereits Funkwellen zur Kommunikation eingesetzt. Mit Radarwellen ließen sich dann im Zweiten Weltkrieg Schiffe und Flugzeuge aus der Ferne orten. Heute herrschen die Militärs über ungezählte Wellenlängenbereiche: Mit Sensoren für Infrarotlicht lassen sich Schlachtfelder selbst bei absoluter Dunkelheit im Blick behalten - auch von Satelliten aus. Mit Laserstrahlen können die Augen gegnerischer Soldaten geblendet und mit so genannten E-Bomben oder Mikrowellen elektronische Systeme wie von Geisterhand zerstört werden.

Im Kosovo-Konflikt war es wahrscheinlich der Einsatz elektromagnetischer Bomben, der den Krieg beendete. Bei Luftangriffen auf die Kraftwerke von Pristina und Belgrad gab es nur kurze, sehr helle orangefarbene Lichtblitze - und zerstört war das elektrische Innenleben der Stationen. Die serbische Kommandozentrale war fortan ohne Strom und damit blind.

Nicht nur die USA und Rußland verfügen über E-Bomben, sondern wahrscheinlich auch China. Sie zählen zu den modernsten Waffensystemen, mit denen sich - ohne Menschen zu verletzen - wichtige Systeme der Infrastruktur ausschalten lassen. Die starken elektromagnetischen Felder induzieren kurzzeitig in allen metallischen Gegenständen so hohe Ströme, dass Leiterbahnen in Mikrochips verschmoren und empfindliche elektronische Bauteile zerstört werden - ähnlich wie bei einem gewaltigen Blitzeinschlag in der Nähe.

Das Brisante an der E-Bomben-Technologie ist, dass sie in der Hand von Terroristen mit wenig Aufwand unermessliche Schäden verursachen könnte. Die Kosten für eine E-Bombe sollen bei nur wenigen Tausend Euro liegen. Nach einer Studie des Pentagon soll der technologische Stand von vor 50 Jahren ausreichen, um eine elektromagnetische Bombe zu konstruieren. Umso mehr gilt es, die technischen Details geheim zu halten und eine Weiterverbreitung dieser Waffen auf jeden Fall zu verhindern.

Produktionsanlagen aller Art, Finanzzentren, Datenbanken, Militäreinrichtungen und selbst viele Dienstleistungsunternehmen könnten durch den kurzen intensiven Puls einer E-Bombe schlagartig lahm gelegt werden. Denn praktisch überall sind heute Computersysteme das technische Rückgrat, ohne das wirklich nichts mehr geht.

Die Gegenstrategie zum Schutz vor terroristischen oder feindlichen Attacken mit E-Waffen besteht darin, wichtige elektronische Systeme so auszulegen, dass sie auch starke elektromagnetische Pulse unbeschadet überstehen können. Experten sprechen hier vom "Härten" eines Systems.

Neben den elektronischen Bomben, die ihre Energie aus einer chemischen Reaktion beziehen, stehen den Militärs auch High-Tech-Systeme von der Größe eines Aktenkoffers zur Verfügung, die aus elektrisch gespeicherter Energie intensive Pulse von Mikrowellenstrahlung erzeugen können. Die ultrakurzen Strahlungsimpulse solcher Mikrowellenwaffen können Leistungen von mehreren Hundert Millionen Watt besitzen. Damit zerschmoren sie im weiten Umkreis nicht nur Drähte und Transistoren in Chips, sondern haben auch biologische Wirkungen.

Die Pulse einer Mikrowellenwaffe können bei Menschen epileptische Anfälle, Erbrechen, Fieberanfälle und Bewusstlosigkeit auslösen. In einem Umkreis von rund 200 Metern kann die Wirkung der Strahlung gar tödlich sein. Es ist also keine Frage, dass ein Zugriff von Terroristen auf solche Waffen unterbunden werden muß.

Auch Laser lassen sich zu Waffen entwickeln, mit denen Menschen getötet werden können. Zum einen ist dies mit hinreichend großen Strahlungsintensitäten möglich. Eine raffinierte Variante besteht darin, mit dem Laser zunächst durch die Luft einen elektrisch leitenden Ionenkanal zu erzeugen, über den dann ein lähmender oder tödlicher Stromschlag auf das Ziel übertragen wird.

Spürbare Wirkung durch Überlagerung zweier Mikrowellensignale

Hier wird ein Mikrowellengenerator beschrieben, mit dem man relativ gefahrlos die biologische Wirkung von speziellen Techniken der Mikrowellenbestrahlung zeigen kann. Trotzdem sollte man sich auch in diesem Fall nicht zu nahe am Versuchsaufbau aufhalten, wenn er in Betrieb ist. Die Wirkung auf den Körper bei Wellenüberlagerung mittels Phasenschieber tritt nur im Fernfeld, also erst in einer bestimmten Entfernung von den Antennen auf. Das Fernfeld entsteht ab einer Entfernung die ca. 2-3 Wellenlängen entspricht. Bei einer Frequenz von 2,45 GHz beträgt die Wellenlänge 12 cm, so dass bei Entfernungen unter 25 Zentimetern keine Wirkung auftreten kann, da sich dort noch keine gleichmäßigen Wellenfronten ausgebildet haben. Erst bei Entfernungen von 40-50 cm von den Antennen kann mit einer Wirkung gerechnet werden. Es gibt also keinen Grund sich näher an der in Betrieb befindlichen Anlage aufzuhalten. Mit der hier beschriebenen Anlage lässt sich ein leichtes Zucken in den Händen zeigen, dass relativ deutlich spürbar ist. Man sollte bedenken, dass immer dann eine Wirkung auftritt, wenn die natürlich im Körper vorkommenden elektrischen Pulse nachgebildet werden, wie dies ja bei den bekannten Muskeltrainern geschieht, die biologisch wirksame elektrische Pulse mit Elektroden durch die Haut auf die Muskeln übertragen. Wir haben uns hier an solchen Pulsen eines Muskeltrainers orientiert. In der wissenschaftlichen Literatur zur Neurologie sollten auch die Daten der vom menschlichen Körper zur Informationsübertragung und Verarbeitung verwendeten Ströme veröffentlicht sein. Natürlich kann man auch die Ströme von medizinischen Geräten wie sie beispielsweise in der Schmerzbehandlung verwendet werden mit Hilfe eines Oszilloskops messen und dann versuchen diese mit Hilfe der Überlagerung von Mikrowellen möglichst genau nachzubilden.

Warnung

Obwohl die Dauerleistungsaufnahme der Sendeanlage bei nur 10-20 Watt liegt, beträgt die Pulsspitzenleistung je nach verwendetem Magnetron zwischen 500 und 1000 Watt. Deshalb sollte man sich nicht zu nahe am Versuchsaufbau aufhalten, wenn er in Betrieb ist. Vor allem die Augen sind bei starker Radiofrequenzstrahlung gefährdet. Aus diesem Grund darf ein Magnetron nicht am Stromnetz betrieben werden, wenn es sich außerhalb einer wirksamen Abschirmung befindet. Bei Arbeiten an dem beschriebenen Gerät müssen die Augen und der Kopf durch eine wirksame Abschirmung vor der Strahlung geschützt werden. Es wird ausdrücklich auf die entsprechende Literatur hingewiesen !!! Ein seitlicher Abstand vom Gerät von 2 Metern sollte genügen. Keinesfalls darf dsich der Kopf in der Hauptstrahlungsrichtung der Antennen befinden. Hier ist ein Sicherheitsabstand von 10 Metern sicher nicht zu viel. Abstand halten von metallischen Flächen und beispielsweise Stahlbetonwänden (Keller !) da diese die Mikrowellen reflektieren und dadurch punktuell hohe Leistungsdichten hervorrufen.

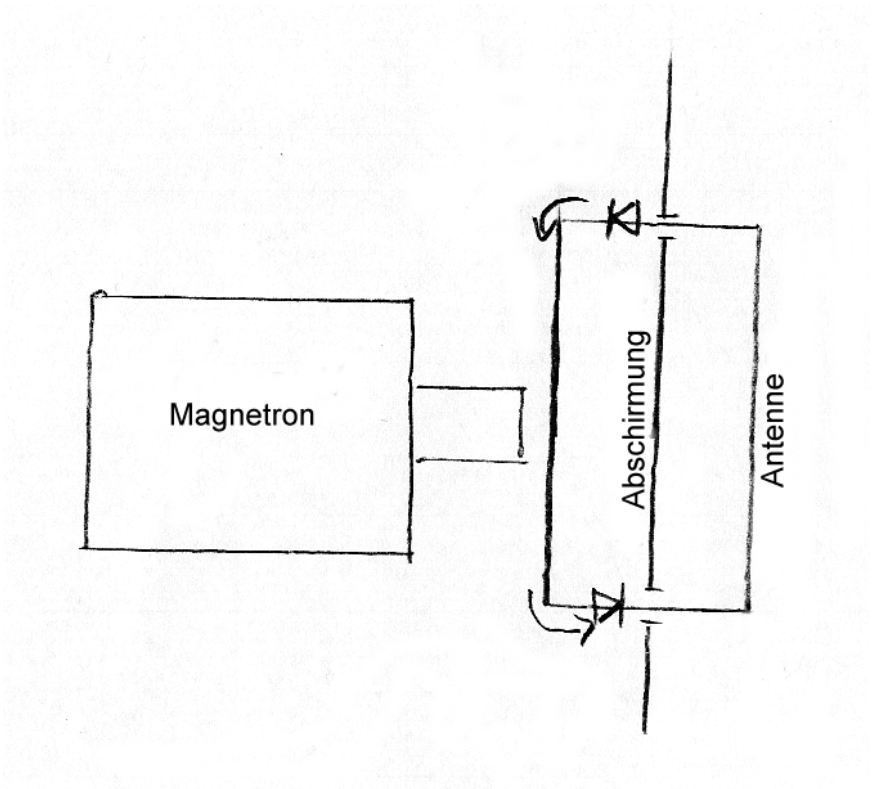
Im folgenden wird ein Versuchsaufbau beschrieben, mit dessen Hilfe man die Wirkung von Mikrowellen durch Überlagerung zweier Signale mit gleicher Frequenz aber veränderlicher Phasenlage auf den menschlichen Körper zeigen kann. Zu beachten ist hierbei allerdings, dass der verwendete Versuchsaufbau aus verschiedenen Gründen nur sehr mit Vorsicht zu betreiben ist. Der Grund dafür liegt darin, dass wir ein Magnetron aus einer Mikrowelle verwendet haben, denn entsprechende leistungsfähige Transistoren für den Bereich von 2-3 GHz sind teuer, schwierig zu beschaffen und der Aufbau eines Hochfrequenzgenerators im Mikrowellenbereich ist arbeitsaufwendig. Im Gegensatz dazu sind die Magnetronröhren aus Mikrowellenöfen leicht zu beschaffen.
Der Nachteil von Magnetronröhren aus Mikrowellenöfen liegt in der zu hohen Leistung. Sie beträgt in der Regel zwischen 500 und 1000 Watt, liegt also weit über der für diesen Versuchsaufbau notwendigen von ca. 100 Watt. Wenn das Magnetron wie hier außerhalb des Ofens betrieben wird besteht bei zu geringem Abstand zu der Antenne die Gefahr der Schädigung vor allem der Augen. Rein rechnerisch ergibt sich in einem Abstand von einem Meter von einem Magnetron mit 1000 Watt eine Leistung von ca. 8,3 Milliwatt pro Quadratzentimeter (1000000 Milliwatt auf einer Kugeloberfläche von120000 Quadratzentimetern). Der Grenzwert liegt bei 10 Milliwatt pro Quadratzentimeter. Vor allem in der Nähe von Metallflächen und bei gerichetter Abstrahlung kann es aber zu Reflektionen der Mikrowellen kommen, so dass sich die Leistung im Raum sehr ungleichmäßig verteilt und örtlich viel höhere Leistungen auftreten. Auch wird die Leistung

überwiegend halbkugelförmig nach oben abgestrahlt. Vor allem sollte der Kopf sich niemals in der Nähe, eines eingeschalteten Magnetrons befinden. Bei den Versuchen sollte auch nicht in Richtung Magnetron gesehen werden
Sehr vorsichtig muß auch vorgegangen werden weil das Magnetron mit einer Spannung von 3500 Volt betrieben wird. Auf jeden Fall ist es vorzuziehen, den Hochfrequenzteil mit Transistoren aufzubauen anstatt ein Magnetron zu verwenden. Dafür sprechen wichtige Gründe: Erstens vermeidet man dadurch die Verwendung zu hoher Leistung und zum zweiten kann man das Gerät dadurch viel einfacher transportabel machen und mit Batterien betreiben. In diesem Fall ist man natürlich nicht an die Frequenz von 2,45 GHz gebunden, sondern kann mit einer anderen niedrigeren Frequenz arbeiten. Zu beachten ist hierbei allerdings, dass bei einer Frequenz im Bereich von 2-2,2 GHz der menschliche Kopf sich wie eine Linse für die Mikrowellen verhält, so dass relativ viel Strahlung im Stammhirn gebündelt wird.
Da die verwendeten Antennen mechanisch gedreht werden ist die Verwendung einer höheren Frequenz von Vorteil, denn je höher die Frequenz ist, desto kleiner ist die Antenne. Wichtig ist auch, dass die Versuche im Fernfeld der Antenne durchgeführt werden. Der Grund dafür liegt darin, dass im Nahfeld sich noch keine gleichmäßigen Wellenfronten ausgebildet haben. Also sind dort die Bedingungen für die Wellenüberlagerung schwierig und unübersichtlich. Als Fernfeld bezeichnet man den Bereich um eine Antenne herum, der weiter als 2 bis 3 Wellenlängen entfernt ist. Bei 2,45 GHz beträgt die Wellenlänge 12 cm. Das Fernfeld beginnt also ca.20-30 cm von der Antenne entfernt. Bei einer Frequenz von 1 GHz beträgt die Wellenlänge 30 cm. In diesem Frequenzbereich sollte es auch möglich sein einen verwertbaren Versuchsaufbau zu realisieren. Verwendbare Transistoren sind z.B. BLF 2047, BLF 2045, BLF 2022-30, oder BLF 2022-90 für den Bereich 2-2,45 GHz sowie BLF 1047 und BLF 861 für 1 GHz und BLF 548 und BLF 546 für 500 MHz.

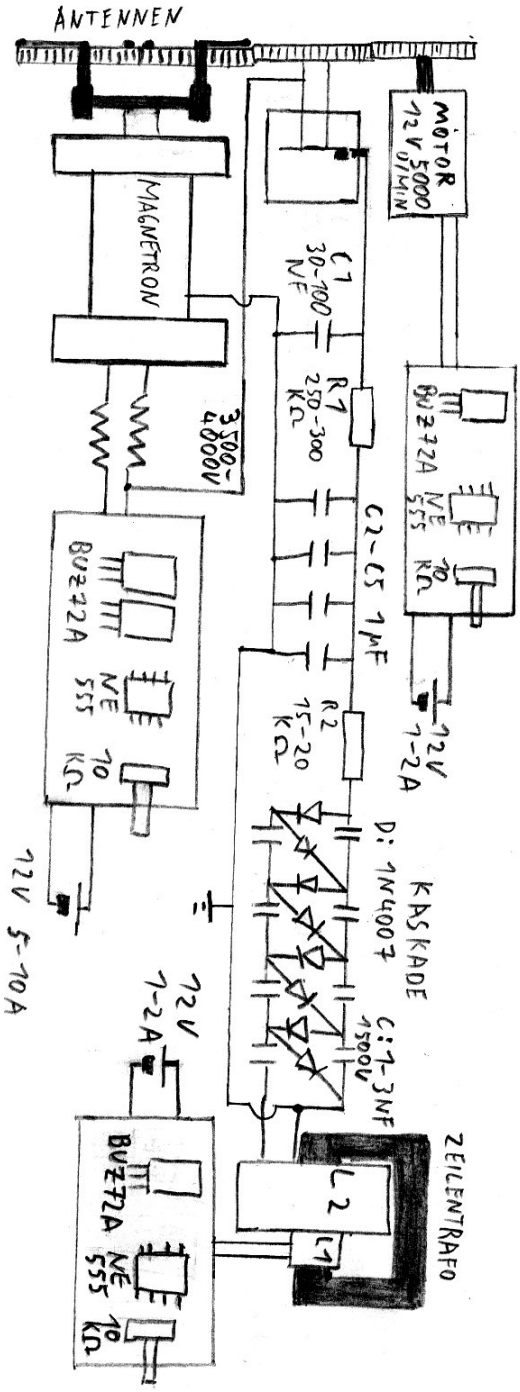
Alle diese Transistoren werden von Phillips produziert. Die Datenblätter mit Schaltungsvorschlägen findet man im Internet unter: http://www.semiconductors.philips.com/products/ .
Das folgende Bild zeigt eine Auswahl von Mikrowellentransistoren für den Frequenzbereich von 500 MHz bis 2,45 GHz mit einer Leistung von 10 Watt bis 150 Watt.

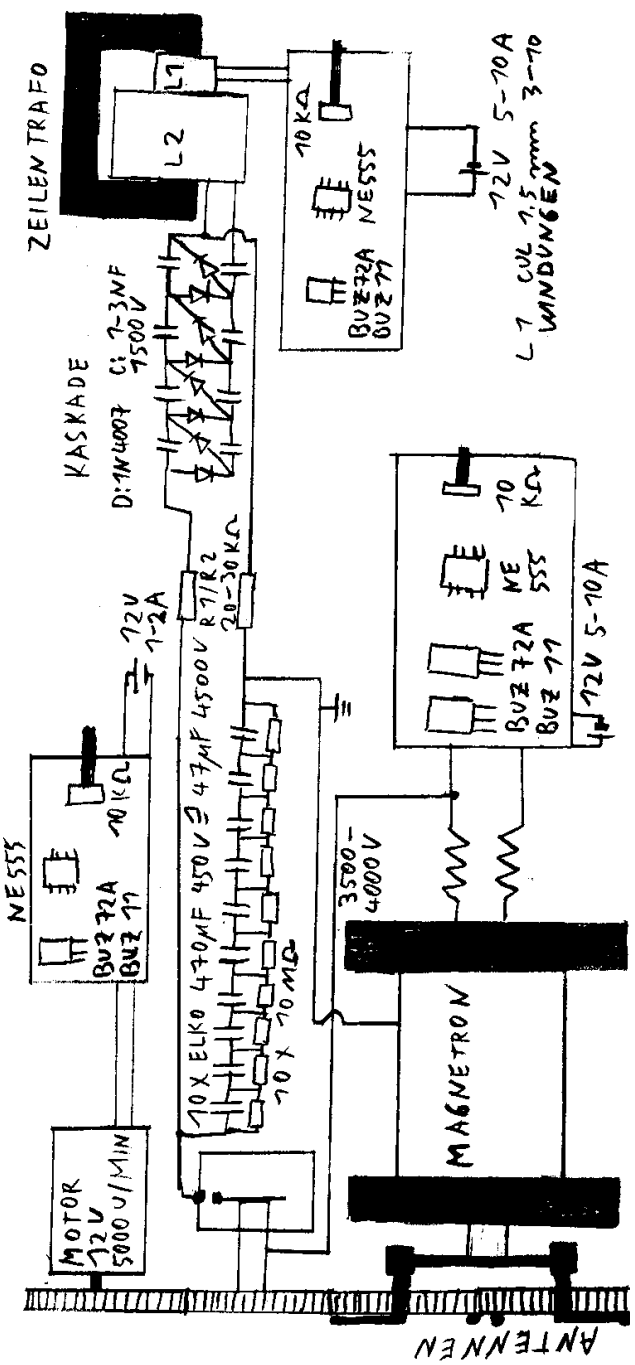
Für den von uns gewählten Versuchsaufbau mit Magnetron benötigen wir zuerst einen vollständigen Mikrowellengenerator aus einem Mikrowellenofen.
Die folgende Zeichnung zeigt den Schaltplan eines Mikrowellengenerators aus einem Mikrowellenofen. Dieser Schaltplan findet sich auf Seite 73 des Buches Experimente mit Hochfrequenz von Harald Chmela, Franzis´ Verlag, 2000. Eine Beschreibung wie diese Schaltung arbeitet findet sich im gleichen Buch auf Seite 72:
„Die genaue Ansteuerung eines Magnetrons, wie sie in einem Mikrowellenherd verwendet wird, ist in Abb. 37 dargestellt. Es ist eine Einpuls-Verdopplerschaltung und die Heizungsversorgung. Aufgrund der sehr hohen Spannungen und des dadurch nötigen Isolationsaufwands wird ein Trafo (Tr1) mit nur ca. 1,5 kV Ausgangsspannung verwendet. Die Trafospannung lädt in der positiven Halbwelle den Kondensator C1 etwa auf den Spitzenwert von 2,1 kV auf. In dieser Zeit ist das Magnetron Rö1 über die Diode D1 kurzgeschlossen und kann keine Leistung abgeben. In der negativen Halbwelle liegt dann der Kondensator C1 in Serie zur Sekundärwicklung von Tr1, wodurch sich in dieser Zeit die

Kondensatorspannung zur Trafospannung addiert. Im Mittel werden so etwa –4 kV zur Versorgung des Magnetrons erreicht. Die Spannung muß negativ sein, da die Anode des Magnetrons direkt mit dem Gehäuse, also mit Masse verbunden ist. An der Kathode benötigt es also eine negative Spannung. Der Vorteil der Schaltung ist, dass zusätzlich zur Verdopplung auch noch eine Gleichrichtung mit nur zwei Hochspannungsbauteilen erreicht wird. Der Nachteil ist, dass diese Spannung mit der Netzfrequenz, also mit 50 Hz, pulsiert und immer eine halbe Periode lang ist.“
Soweit Harald Chmela. Daß die Mikrowellenröhren mit 50 Hz gepulste Strahlung abgeben ist aber für die Erzielung einer Wirkung auf den menschlichen Körper eher ein Vorteil, denn man benötigt keine eigene Schaltung um die Röhre aus und einzuschalten. Elektrische Muskeltrainer verwenden 60 bis 70 Pulse pro Sekunde bei einer Spannung von 70 bis 150 Volt um eine Muskelkontraktion zu erzielen, so dass eine solche Wirkung auch bei mit 50 Hz gepulster Strahlung zu erwarten ist, wenn diese durch Überlagerung zweier Hochfrequenzsignale durch verschieben der Phasenlage in ein Niederfrequenzsignal umgewandelt wird. (Siehe: Wellenüberlagerung: Einfluß von Frequenz und Phasenlage auf das entstehende Signal)
Mit dem gleichen Versuchsaufbau sollte es auch möglich sein gleichgerichtete Radiofrequenzsignale abzustrahlen, wenn die rotierenden Antennen durch eine in der Länge abgestimmte Drahtschleife ersetzt wird in der schnelle Dioden oder, wegen der hohen Leistung, Bündel von mehreren Dioden dafür sorgen, dass der Hochfrequenzstrom nur in eine Richtung fließt, so dass hinter der Abschirmung ein gleichgerichtetes oder zumindest asymetrisches Hochfrequenzfeld abgestrahlt wird. Die Einkopplung der Mikrowellen in die Drahtschleife erfolgt in diesem Fall durch Annäherung der Drahtschleife an die Antenne des Magnetrons.



Zuerst zeigen wir den Schaltplan des verwendeten Mikrowellengenerators, allerdings ohne das zusätzlich angebaute Antennenabstimmgerät aus einer drehbaren Drahtschleife zwischen Magnetron und Antennen. Oben haben wir einen 12 Volt Motor zum Antrieb der Antennen und des Hochspannungsschalters. Der Motor sollte in der Lage sein, unter Belastung mindesten 5000 Umdrehungen in der Minute zu erreichen. Eine Lehrlaufdrehzahl von 15000-20000 Umdrehungen / Minute genügt. Um die Reibung möglichst gering zu halten haben wir Miniaturkugellager aus dem Modellbau verwendet. Auch die Zahnräder stammen aus dem Modellbau (Conrad Electronic). Trotzdem sollte der Motor von der Leistung her nicht zu schwach dimensioniert werden. Notfalls kann man auch Gleitlager selber herstellen, indem man ein auf die betreffende Welle passendes Stück Messingrohr in die entsprechende Durchführung klebt. Das Einkleben der Lager sollte nur im zusammengebauten Zustand erfolgen, damit sie nicht verkanten und dadurch schwergängig sind. Die Wellen bestehen aus 4 mm Messingdraht (Modellbau). Die Drehzahl des Motors wird von einem Taktgenerator gesteuert. In diesem wird der Strom mit einer Frequenz von 15-20 kHZ eingeschaltet wobei die Länge der Einschaltzeit durch den regelbaren Wiederstand gesteuert werden kann.





Links ein Schaltplan für Versuche mit relativ wenig Leistung: Der rechte Schaltplan hat wegen der verwendeten Elektrolytkondensatoren eine viel höhere Sendeleistung. Für genügend lange Pulse können Kapazitäten von 100-300 Mikrofarad verwendet werden. In diesem Fall werden keine Pulskondensatoren zwischengeschaltet, sondern die Kondensatorbank direkt über eine Funkenstrecke mit dem Magnetron verbunden.

WARNUNG: Versuche mit Hochleistungsmikrowellen können innerhalb kurzer Zeit zu Schäden führen. Vor allem die Augen sind gefährdet. Auch die hohen Spannungen für das Magnetron sind natürlich sehr gefährlich. Bei 100 uF 4000 Volt kommt es bei Berührung mit Sicherheit mindestens zu schweren Verbrennungen durch den Lichtbogen!! Es wird ausdrücklich auf die entsprechende Literatur hingewiesen!!! (Bibliothek / Fernleihe) Auch die Möglichkeit zufälliger Berührung muß auf jeden Fall ausgeschlossen werden.

Hochspannungsrelais, oder besser noch Fernsteuerung verwenden!!!

Sollte es zu einem Stromschlag kommen, unbedingt sofort dafür sorgen, dass der betreffende Körperbereich wieder durchblutet wird. Weiße Stellen unter lauwarmem Wasser massieren, warme Tücher oder Heizlüfter verwenden. Massieren bis die Haut wieder durchblutet ist.

Zuerst wird ein Aufbau beschrieben, der Hochspannungskondensatoren mit einer Kapazität von 3-5 Mikrofarad verwendet. Auch hierbei ist ein Stromschlag aus der Kondensatorbatterie nicht ungefährlich (4000-5000 Volt), führt aber nicht unbedingt zu schweren Verbrennungen oder zum Tod, während größere Kondensatorbatterien im geladenen Zustand wegen ihres hohen Energieinhaltes der innerhalb kürzester Zeit frei wird, Lebensgefährlich sind. Solche Kondensatorbatterien müssen immer ferngesteuert eingeschaltet werden und dürfen auf keinen Fall berührt werden. Wenn sie nicht benötigt werden sind sie immer zu entladen um Unfälle durch Unachtsamkeit oder bei fremde Personen auszuschließen.
Die folgende Zeichnung zeigt die oben nur angedeutete Schaltung der drei Impulsgeneratoren. Sie ist dem Buch Elektronik-Selbstbau-Praktikum von Siegfried Wirsum, München 1988 (S.308) entnommen. Für D1 und D2 verwendet man z.B. 1N 4148 Dioden. Diese Impulsgeneratoren schalten den Strom ca. 15000 mal in der Sekunde ein. Die Pulsfrequenz wird durch C2 bestimmt, ein kleinerer Kondensator ergibt eine höhere Frequenz, ein größerer eine niedrigere. Mit dem regelbaren Widerstand lässt sich die Länge des einzelnen Pulses einstellen. Je länger der Einzelpuls ist desto mehr Leistung gibt die Schaltung ab. Mit Hilfe dieser Schaltung lässt sich also die Drehzahl des Elektromotors und die Leistung des Zeilentrafos steuern. Wichtig für den Betrieb des Zeilentrafos ist die relativ hohe Frequenz des Taktgenerators da Zeilentrafos für eine Frequenz von 15-.20 kHz ausgelegt sind. Allerdings werden Zeilentrafos in Fernsehern und Monitoren nicht mit 12 Volt sondern mit 120-150 Volt betrieben so dass die Ausgangsspannung dort viel höher ist (20 000-30 000 Volt). Auch die Röhrenheizung des Magnetrons lässt sich auf diese Weise auf 12 Volt umstellen. Normalerweise wird das Magnetron mit 3-4 Volt beheizt. Mit dem Impulsgenerator wird der Strom eines 12 Volt Akkus zerhackt. Wegen der erforderlichen Leistung werden zwei Transistoren vom Typ BUZ 72A parallel geschaltet, das heißt Gate, Drain und Source der beiden Transistoren werden jeweils miteinander verbunden. Die Diode D3 wird in diesem Fall durch eine Diode für einen höheren Strom von 3-5 Ampere ersetzt, z. B. 1N 5406. Für die Röhrenheizung wird wegen des hohen Stromes von 5-10 Ampere ein eigener 12 Volt Akku benötigt, z.B. ein gebrauchter Autoakku. Auch weil die 3500-4000 Volt für den Betrieb des Magnetrons ebenfalls auf die Heizspule gegeben werden ist eine getrennte Stromversorgung für Zeilentrafo und Heizstrom sinnvoll. Obwohl die hohe Betriebsspannung des Magnetrons auch am Impulsgenerator anliegt wird dieser in der Regel nicht zerstört. Auf jeden Fall sollte der NE 555 immer in einem Sockel montiert werden, damit er schnell und problemlos ohne aufwendiges Auslöten ausgewechselt werden kann, falls er doch einmal zerstört werden sollte. Die Transistoren kann man relativ einfach auswechseln, wenn man sie nicht auslötet, sondern mit einem Seitenschneider abknipst und an den stehengebliebenen Anschlußdrähten einen neuen Transistor anlötet Der Impulsgenerator wird so eingestellt, dass die Röhre ungefähr in der gleichen Helligkeit glüht wie mit der ursprünglichen Heizung. Falls die Röhre so eingebaut ist, dass man nicht sehen kann ob die Heizung richtig eingestellt ist, kann man ein Amperemeter zur Kontrolle des Heizstromes zwischenschalten. Die Transistoren der drei Impulsgeneratoren können auf den gleichen Kühlkörper montiert werden, wenn zwei von ihnen isoliert montiert werden. Zur Isolation verwendet man Silikon oder Glimmerscheiben sowie passende Isolierbuchsen aus Kunststoff für die Schrauben.

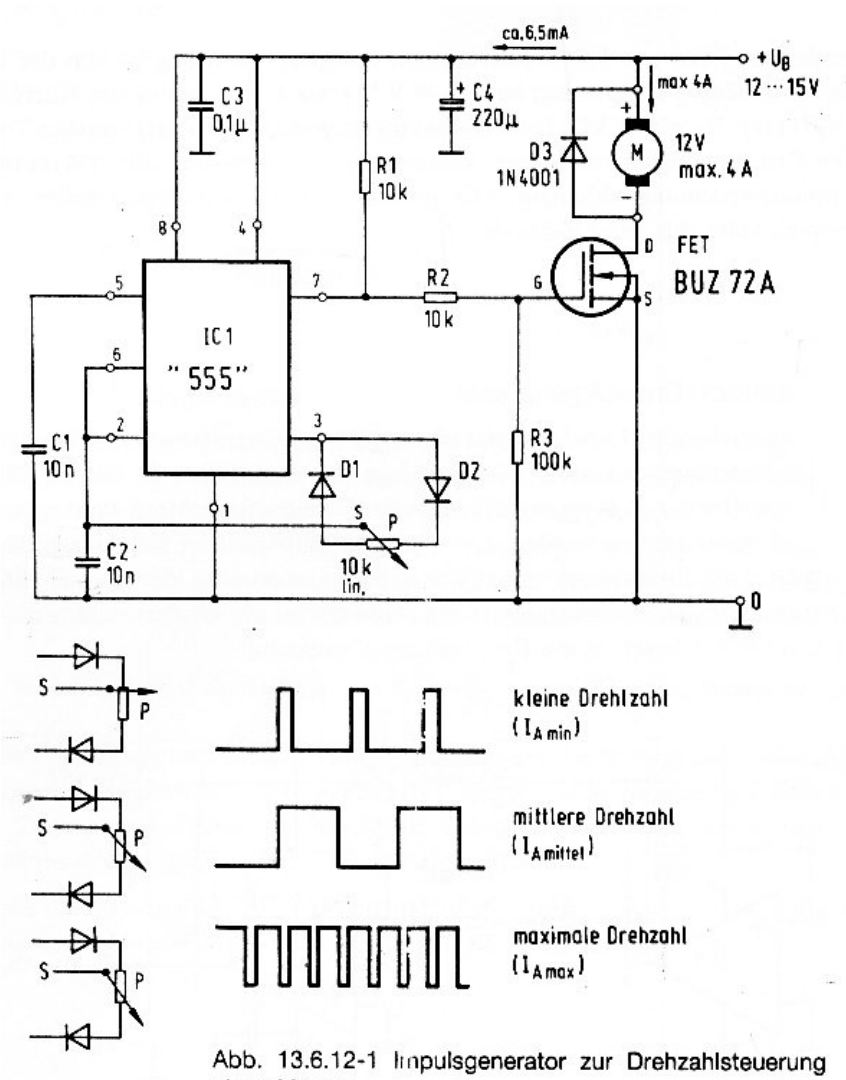
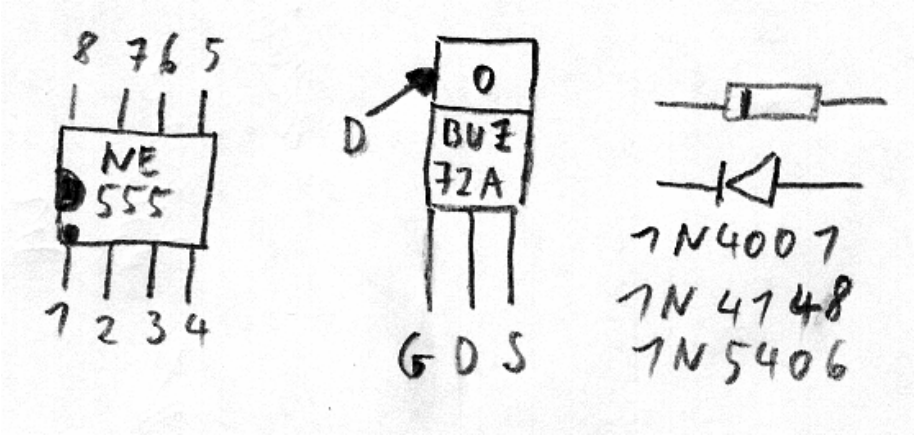
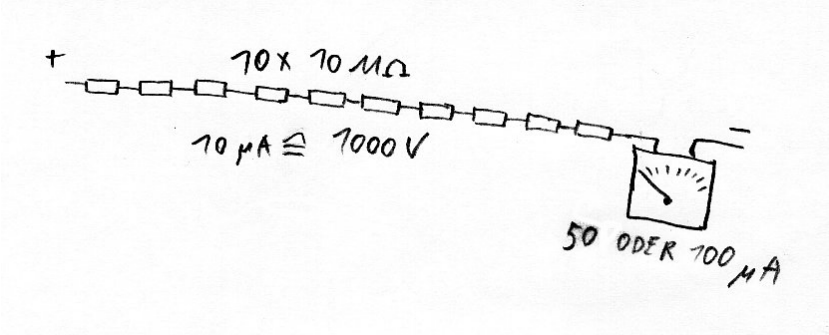


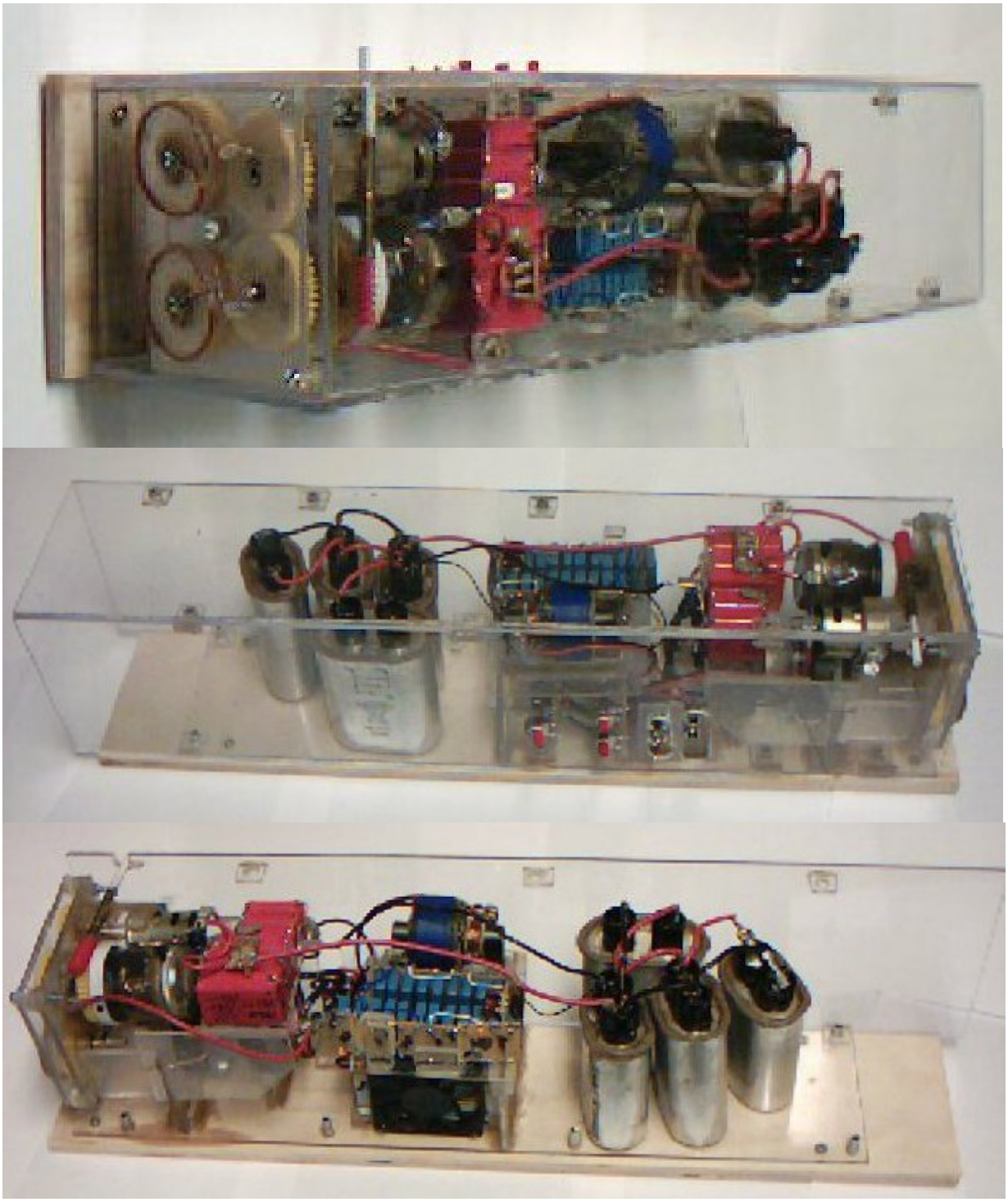
Abb. 13.6.12-1 Impulsgenerator zur Drehzahlsteuerung eines Motors



Um die hohe Spannung von 3500-4000 Volt messen zu können verwendet man entweder ein Digitalmultimeter mit einem käuflichen Vorwiderstand wie er weiter unten beschrieben wird oder aber ein Mikroamperemeter mit einem Maximalausschlag bei 50 oder 100 Mikroampere. An das Mikroamperemeter wird ein Vorwiderstand von 100 Megaohm angeschlossen den man durch Hintereinanderlöten von 10 Widerständen zu 10 Megaohm erhält. Bei einem Widerstand von 100 Megaohm fließt pro 1000 Volt ein Strom von 10 Mikroampere. Das heißt bei der benötigten Spannung von 3500-4000 Volt zeigt das Mikroamperemeter einen Strom von 35-40 Mikroampere an. Angeschlossen wird dieses einfache Hochspannungsmessgerät zwischen dem + und dem – Pol der Mikrowellenkondensatoren, so dass man die Spannung im Energiespeicher messen kann.

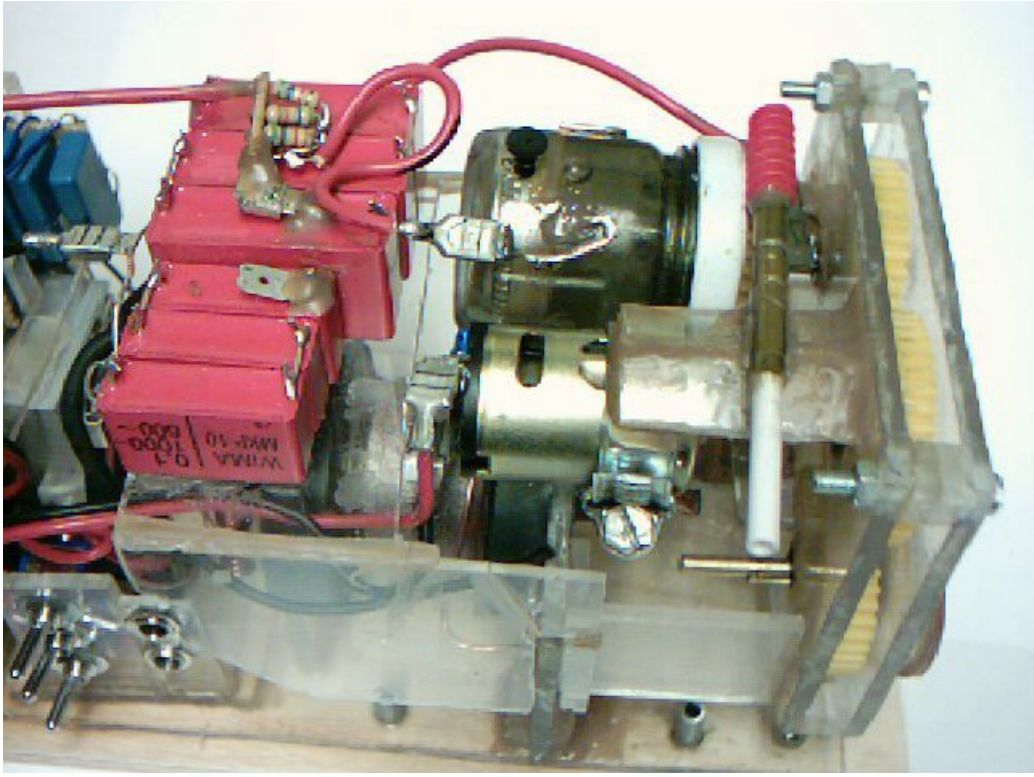


Mikroamperemeter und Widerstandskette

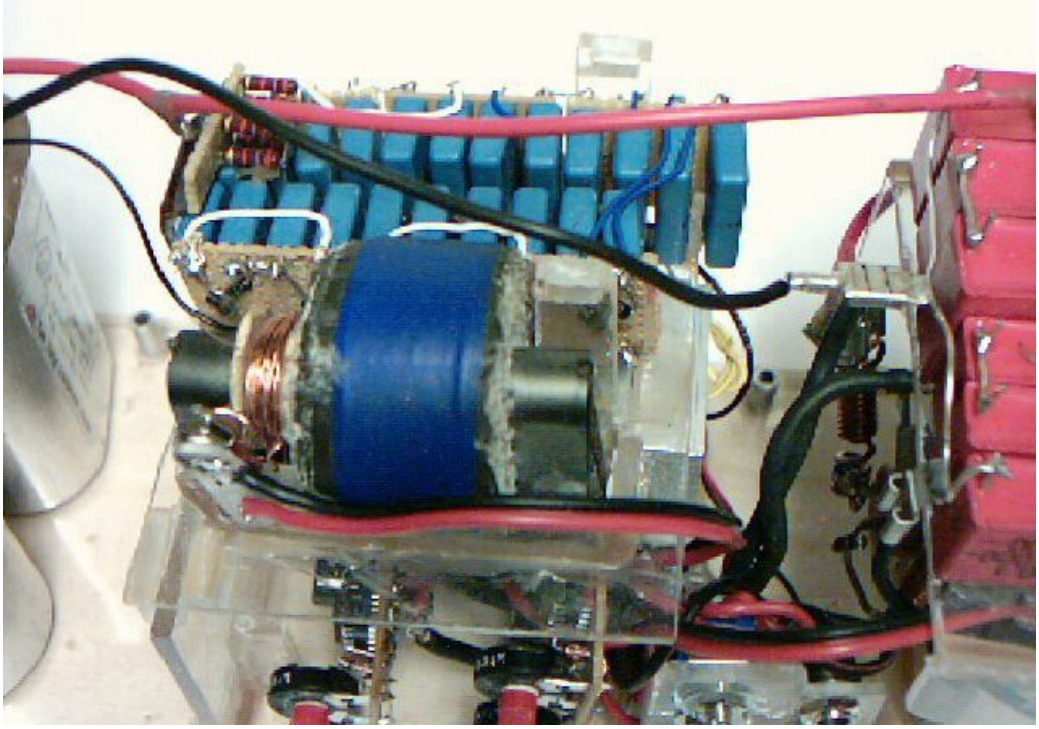


Die drei oberen Bilder zeigen den Mikrowellengenerator von vorne, von rechts und von links. Zu sehen sind die beiden rotierenden zirkular polarisierten Antennen mit Getriebe und Motor. Am Getriebe befindet sich ebenfalls ein kleines mit dünnflüssigem Paraffinöl gefülltes Schraubglas in dem sich der Hochspannungsschalter befindet. Dahinter befindet sich der Kondensator C1 (rot) in doppelter Ausführung: einmal 30 nF und einmal 70 nF um die Pulslänge variieren zu können. Unter dem Kondensator C1 ist das Magnetron aus einer Mikrowelle montiert, dahinter der Zeilentrafo und die Kaskade (blau) um die Hochspannung bereitzustellen. Die 3 Impulsgeneratoren sind auf den CPU Kühler eines Computers montiert (unter Zeilentrafo und Kaskade). Als Energiespeicher für die Hochspannung dienen hier vier Kondensatoren 1 Mikrofarad 2100 Volt aus Mikrowellen. Diese Kondensatoren lassen sich

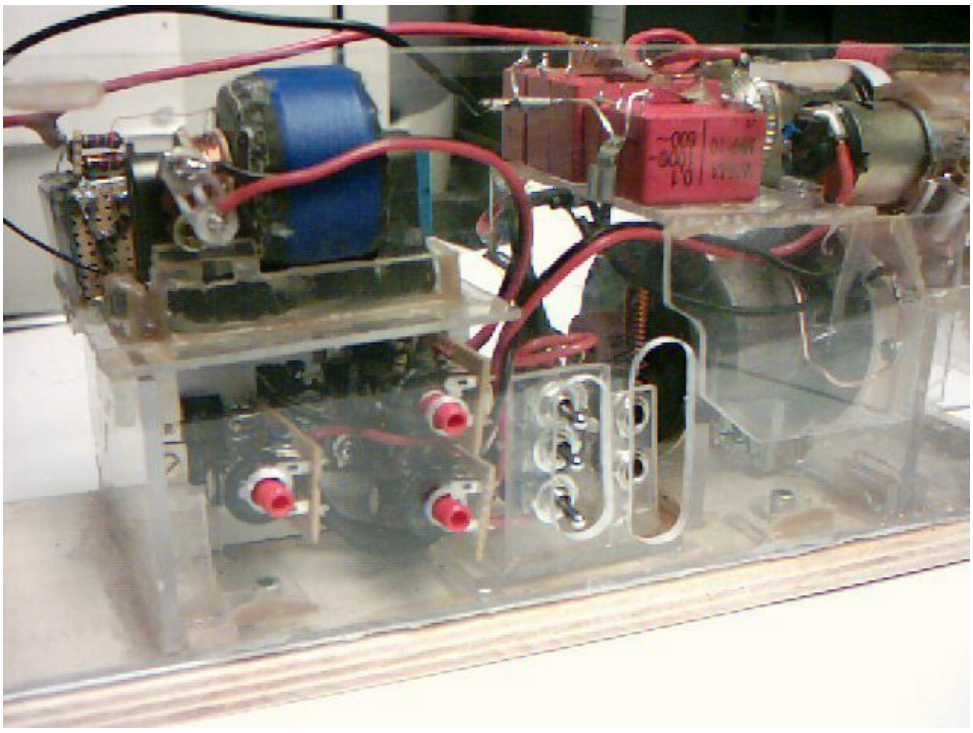
meistens auch bis 5000 oder 6000 Volt aufladen. Wenn ein solcher Kondensator bei dieser hohen Spannung durchschlägt muss er natürlich ersetzt werden. Einen zerstörten Mikrowellenkondensator erkennt man daran, dass er keine Spannung hält. Allerdings haben alle gebräuchlichen Mikrowellenkondensatoren einen Entladewiderstand von 10 Megaohm zwischen den beiden Anschlüssen eingebaut, den man vor der Benutzung für unseren Zweck entfernen muß, da ein Zeilentrafo ist nicht in der Lage ist einen genügend hohen Strom zu liefern um die Kondensatoren mit eingebautem Widerstand aufzuladen. Natürlich kann man auch andere Kondensatoren als Hochspannungsspeicher verwenden.
Das folgende Bild zeigt links neben dem ölgefüllten Schalter die beiden Pulskondensatoren mit 30 und 70 nF die jeweils aus 3 Einzelkondensatoren bestehen. Auf dem hinteren Kondensatorpaket erkennt man den Ladewiderstand R 1 aus 5 hintereinander gelöteten Widerständen von 51 Kiloohm, 0,25 oder 0,5 Watt. Bei hohen Spannung sollte man immer mehrere Widerstände hintereinander schalten da die üblichen Widerstände bei zu hohen Spannungen durchschlagen. 500 Volt vertragen die üblichen Widerstände problemlos, vorausgesetzt natürlich dass die Verlustleistung bei dem fließenden Strom nicht überschritten wird. Die roten Drähte die die Kondensatoren, den Hochspannungsschalter und das Magnetron verbinden sind spezielle Hochspannungsdrähte aus einem Monitor oder Fernseher, die dort für die Verbindung zwischen dem Zeilentrafo und der Röhre verwendet werden. Man kann auch einen handelsüblichen Draht verwenden der durch einen Schrumpfschlauch gezogen und dadurch hochspannungsfester gemacht wird. Nach dem einziehen des Drahtes wird der Schrumpfschlauch vorsichtig mit einem Feuerzeug oder einer Kerze erhitzt, so dass er sich zusammenzieht und auf dem Draht festsitzt.



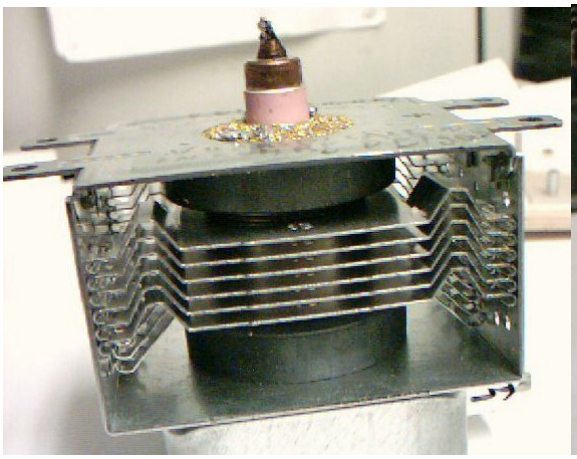
Das folgende Bild zeigt die Anordnung von Zeilentrafo und Kaskade.

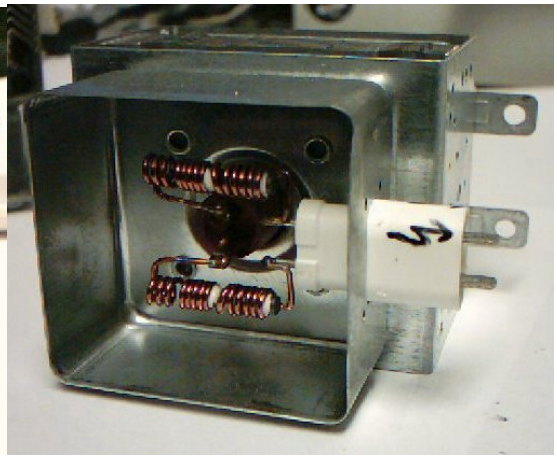


Unter Zeilentrafo und Kaskade sind die drei Impulsgeneratoren zusammen mit dem Kühlkörper untergebracht. Die drei roten Drehknöpfe dienen dazu die Drehzahl des Motors, den Strom für den Zeilentrafo und den Heizstrom für das Magnetron zu regeln. Rechts von den Drehreglern befinden sich drei Schalter um die Hochspannung (oben), die Heizung (mitte) und den Motor (unten) ein und aus zu schalten. Der mittlere Schalter ist ein doppelter Umschalter mit Mittelstellung (Ein-Aus-Ein). Der Lüfter ist in beiden „Ein“ Stellungen eingeschaltet, die Röhrenheizung nur in einer. So kann man den Lüfter alleine einschalten.



Die folgenden Bilder zeigen das vollständige Magnetron aus einer Mikrowelle. Im linken Bild erkennt man die Röhre mit den Magneten in Ihrer Halterung. Über das Magnetron sind Kühlrippen geschoben. Aus dem Magnetronzusammenbau ragt oben ein rosa Keramikrohr an dessen Spitze eine Kupferkappe befestigt ist. Man sieht auch das Messinggewebe das bei eingebautem Magnetron als Mikrowellendichtung dient. Ein kleines Stück dieses Messinggewebes kann man verwenden um die leitende Verbindung zwischen der Metallkappe des Magnetrons und den Antennen herzustellen. Ein Anlöten der Metallkappe an die Antennenleitung ist schwierig weil man einerseits einen Lötkolben mit hoher Leitung benötigt und andererseits an dieser Kappe die Luft aus dem Magnetron gepumpt wurde und danach diese Öffnung durch Zusammenpressen verschlossen wurde. Durch die Ausdehnung bei Erhitzung kann die Röhre Luft ansaugen wodurch sie unbrauchbar wird.





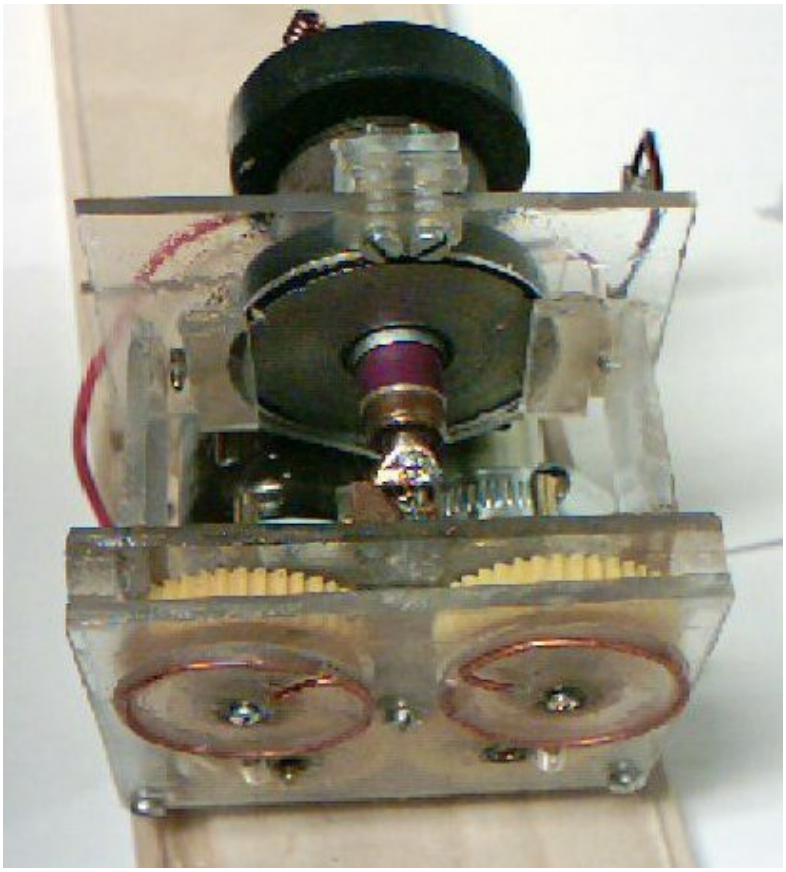
Eine Röhre ohne Vakuum erkennt man daran, dass in ihr bei Spannungen von 1000 Volt und darunter auch ohne Heizung ein hörbarer Überschlag zwischen der Heizwendel und dem Mantel der Röhre stattfindet. Eine Röhre mit defekter Heizwendel erkennt man daran, dass sie beim Anlegen der Heizspannung nicht am oberen oder unteren Keramikstift rot leuchtet.
Auch eine solche Röhre mit defekter Heizung kann nicht mehr verwendet werden.
Das nächste Bild zeigt das aus seinem Gehäuse ausgebaute Magnetron. Zum Ausbau des Magnetrons muß man bei einigen Modellen Lasche aufbiegen oder durchtrennen. Dabei darf das Magnetron selber natürlich nicht beschädigt werden.

Ein aufgeschnittenes Magnetron.

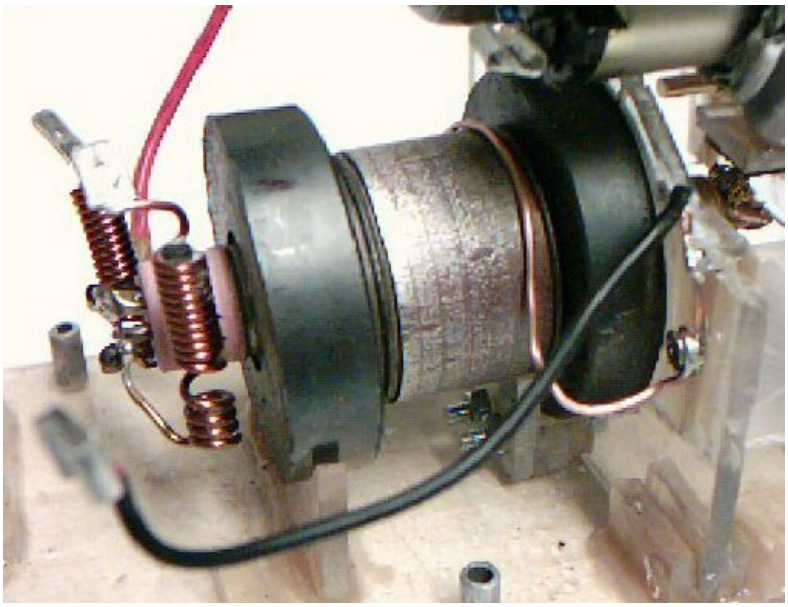
Ein Magnetron mit den dazugehörenden Magneten. Diese müssen unbedingt in der richtigen Lage eingebaut werden. Sie sollten also beim Ausbau sofort markiert werden, damit sie nicht verwechselt werden oder verkehrt herum, das heißt mit der oberen Seite des Magneten nach unten, eingebaut werden.

Die Spulen an der Zuleitung für die Heizspannung werden auch benötigt, damit dort keine Mikrowellen austreten können. Da sie an die Zuleitung der Röhre angeschweißt sind müssen sie mit einer Zange abgekniffen werden. Sie werden nach dem Ausbau der Röhre wieder angelötet.

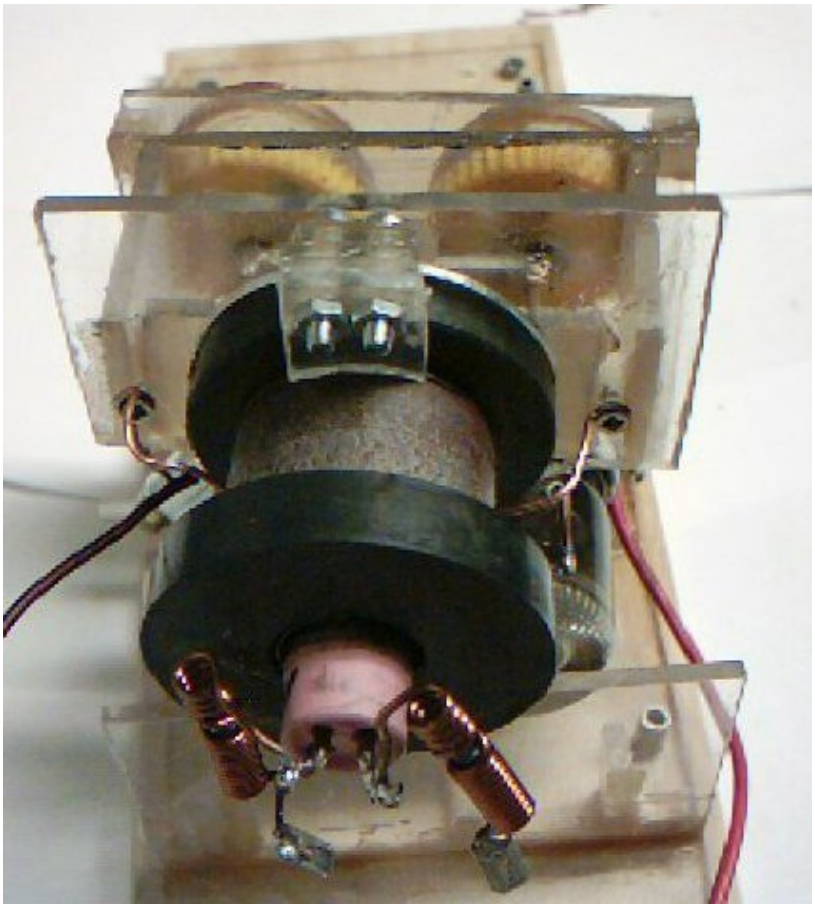
Das nächste Bild zeigt den Zusammenbau von Röhre und Antennen mit Getriebe und Motor. Die Antennen rotieren gegenläufig mit einer Umdrehung von 50 bis 100 Umdrehungen pro Sekunde



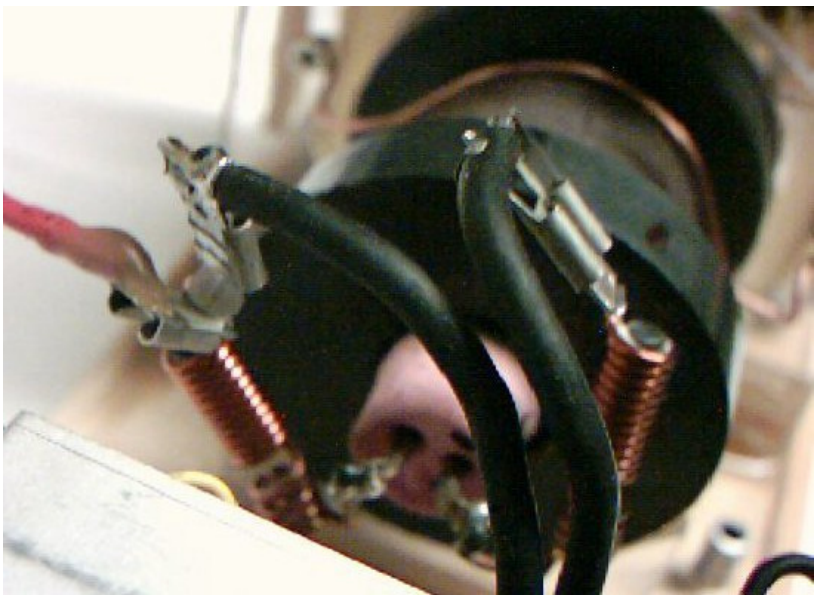
Das nächste Bild zeigt die eingebaute Röhre mit Drosselspulen und Magneten. Der Kupferdraht entlang der oberen Röhrenseite ist die Masseleitung und führt zu den Kondensatoren.



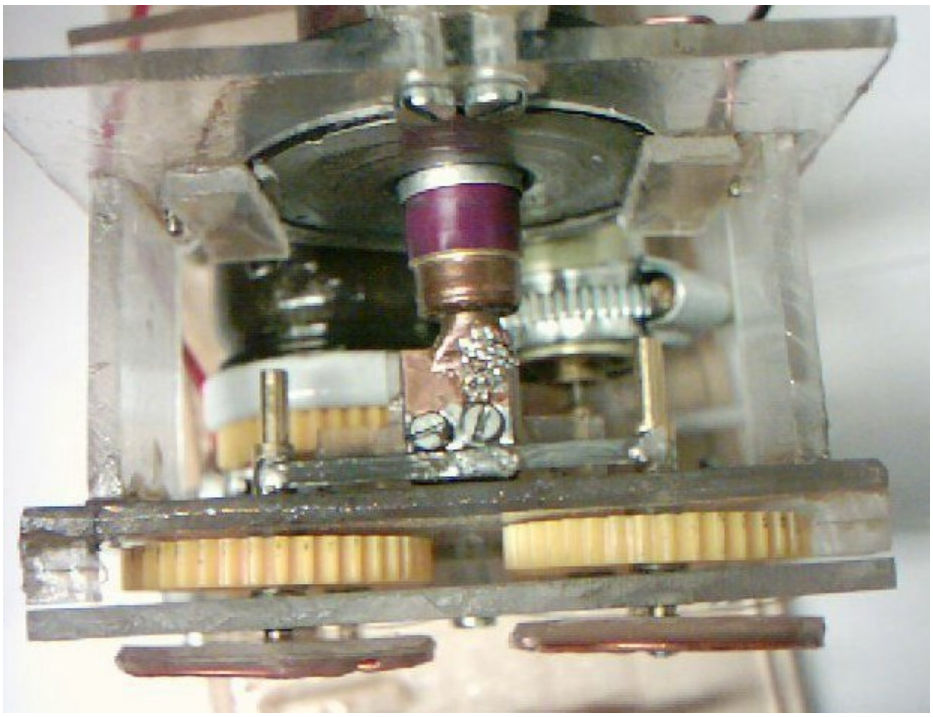
Blick von hinten auf die Röhre mit Drosselspulen und Getriebe für die Antenne.



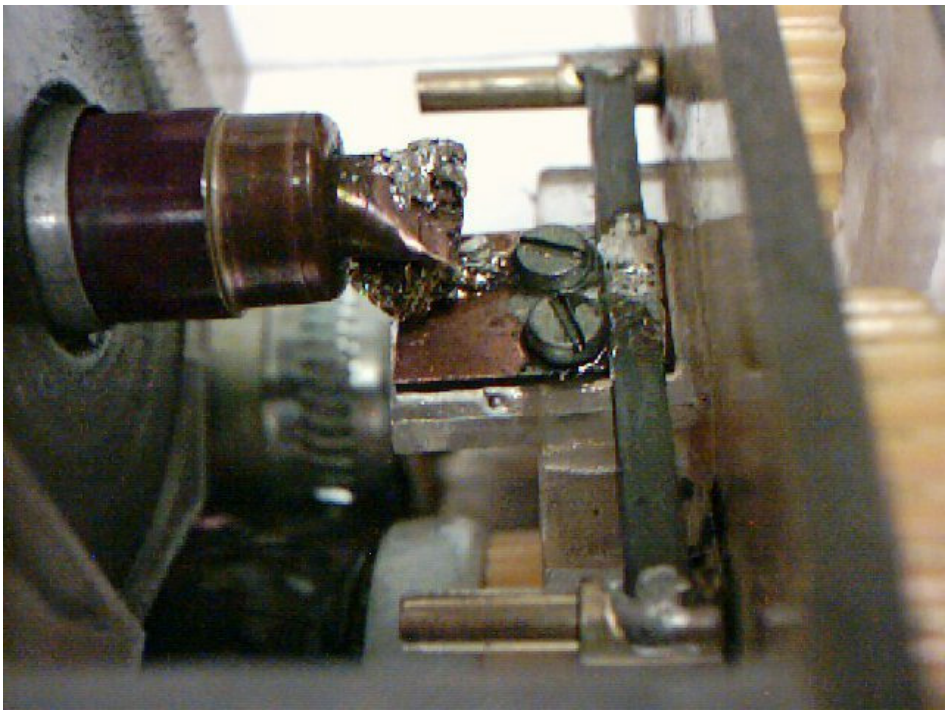
Die zwei Zuleitungen für die Röhrenheizung. Sie müssen wegen des hohen Stromes von 5-10 Ampere einen genügenden Querschnitt haben. Diese Zuleitungen sind mit einem Schrumpfschlauch überzogen da an ihnen die Hochspannung anliegt und es ohne diese zusätzliche Isolation zu Überschlägen auf andere Schaltungsteile kommen kann. Der linke rote Draht kommt vom Hochspannungsschalter und liefert die Sendeenergie mit Spannungen zwischen 3500 und 4000 Volt.



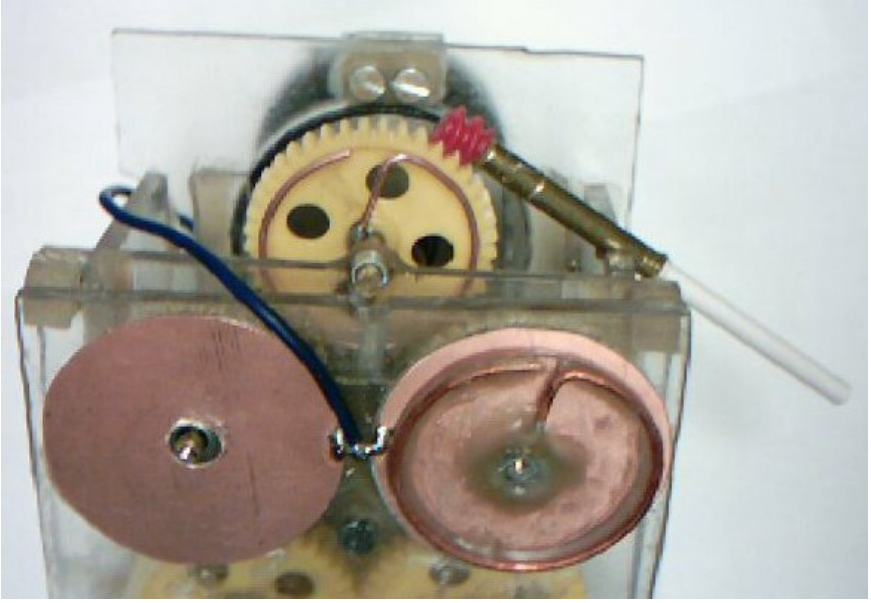
Die Verbindung zwischen Magnetron und den beiden Antennen. Die Mikrowellen werden über die Achsen der Zahnräder auf die Antennen übertragen. In die Enden der Achsen sind Gewinde geschnitten so dass die Antennen mit ihrem Antennenträger aus Plexiglas auf die Achse geschraubt werden können.



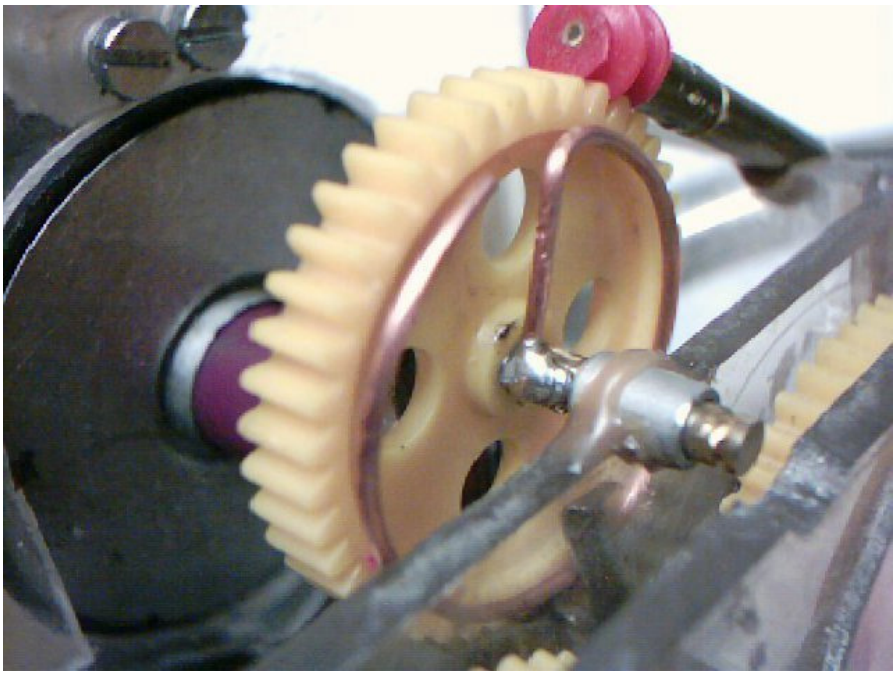
Die Verbindung zwischen Magnetron und Zuleitung zu den Antennen wird hier mit einem Stück des Messinggewebes hergestellt dass an der Oberseite des Magnetrons als Mikrowellendichtung angebracht ist. Die Mikrowellen werden über ein federndes Blech auf die Wellen übertragen. An den beiden Enden dieses federnden Bleches sind halbierte Messingrohre angelötet, die genau auf die Zahnradachsen aus Messingdraht passen und so die Übertragung auf die sich drehenden Achsen sicherstellen.



Beim Arbeiten mit Mikrowellen reicht es nicht aus diese herzustellen, sondern sie müssen auch von der Antenne abgestrahlt werden. Aus diesem Grund haben wir noch eine Abstimmvorrichtung zwischen das Magnetron und die Antennen eingebaut. Es handelt sich um eine Drahtschleife die durch Drehen des Zahnrades in ihrer elektrischen Länge verändert werden kann (oben im Bild). So kann man durch Veränderung der Länge der Antennenzuleitung eine Resonanz zwischen Antennen und Magnetron einstellen. Die richtige Einstellung ist erreicht wenn eine vor die Antennen gehaltenen Glimmlampe in möglichst großer Entfernung noch aufleuchtet. Natürlich darf man sich wegen der hohen Sendeleistung bei der Abstimmung der Antenne nicht in der Nähe des Magnetrons aufhalten! Ohne diese Abstimmvorrichtung kann es passieren, dass bei besonders ungünstigen Verhältnissen nur ein geringer Teil der Mikrowellenenergie auch tatsächlich von den Antennen abgestrahlt wird. Zusätzlich sind in diesem Bild Reflektoren aus kupferbeschichtetem Platinenmaterial hinter den Antennen zu erkennen. Diese Reflektoren sind mit der Masse, also der Aussenseite des Magnetrons verbunden.

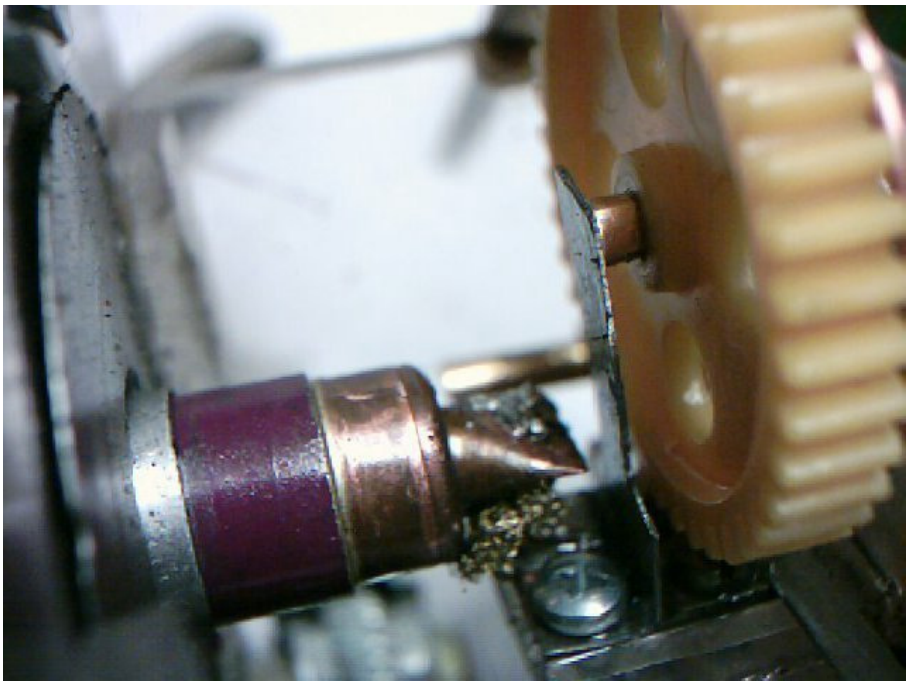


Detailaufnahme der Drahtschleife zum Abstimmen der Leitungslänge zwischen Magnetron und Antennen.

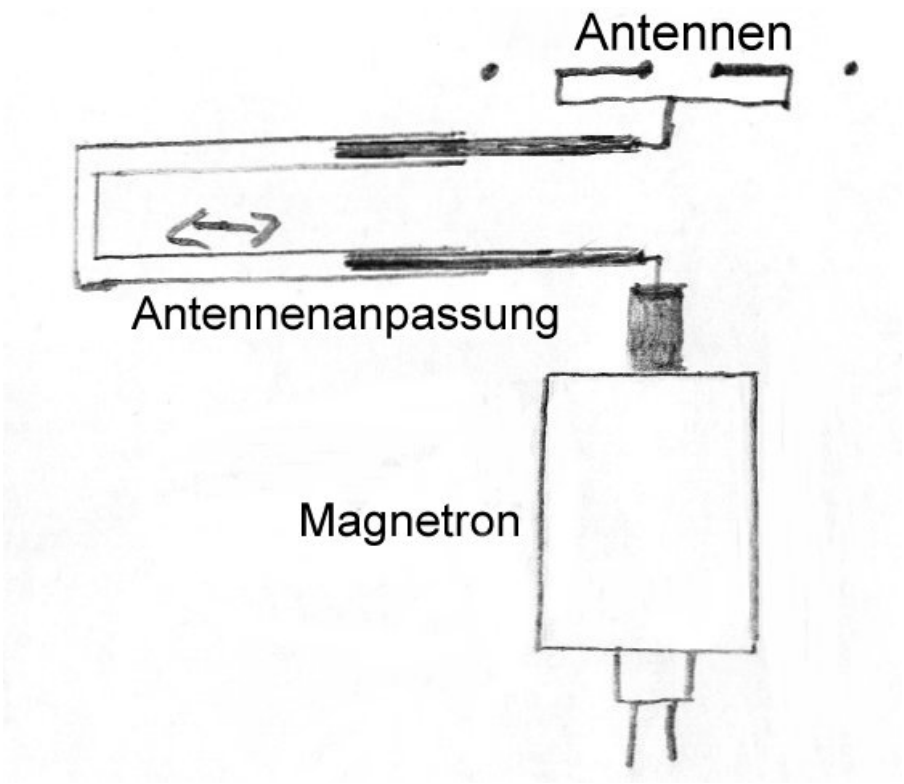


Federnde Verbindung zwischen der Drahtschleife und der Weiterleitung zu den Antennen. Die Drahtschleife hat im Prinzip die selbe Form wie die Antennen, sollte aber kürzer sein als diese, damit sie selber möglichst wenig Energie abstrahlt. Aus diesem Grund ist es natürlich sinnvoll die gesamten Leitungen zwischen dem Magnetron und den Antennen mit an der Masse angeschlossenem Blech abzuschirmen. Hierdurch werden Strahlungsverluste der Leitungen verhindert. Da wir aber den inneren Aufbau der Anlage zeigen wollen haben wir auf eine Abschirmung verzichtet und ein Plexiglasgehäuse verwendet.

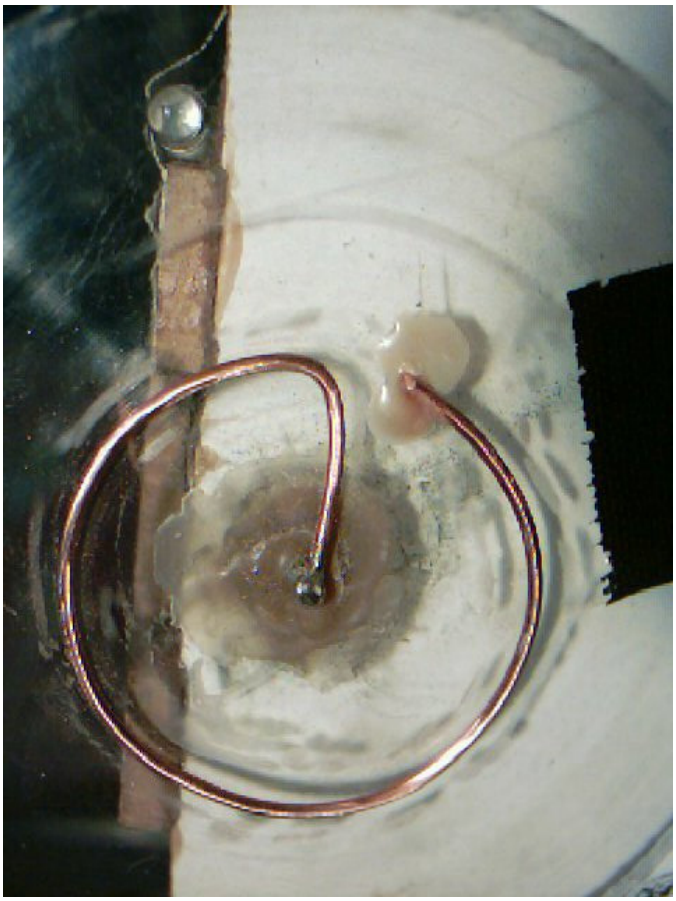
Federndes Blech zur Übertragung der Mikrowellen vom Magnetron auf die Achse des Zahnrads der Abstimmvorrichtung. Auf der anderen Seite des Zahnrads ist die Drahtschleife an die Welle gelötet.



Man kann eine Abstimmvorrichtung für die Antenne auch nach der folgenden Zeichnung aufbauen. Hier werden zwei Messing oder Kupferdrähte mit einem Bogen aus Messingrohr verbunden. Indem man das Messingrohr hin und her schiebt kann man die Länge der Antennenleitung verändern und so eine optimale Anpassung der Antennen an das Magnetron erzielen. Aber natürlich darf diese Verschiebung nicht mit den Fingern direkt vorgenommen werden. Nicht nur weil das ungesund ist, sondern auch weil so keine vernünftige Abstimmung möglich ist, da die Finger selber ja die Mikrowellen ableiten würden.

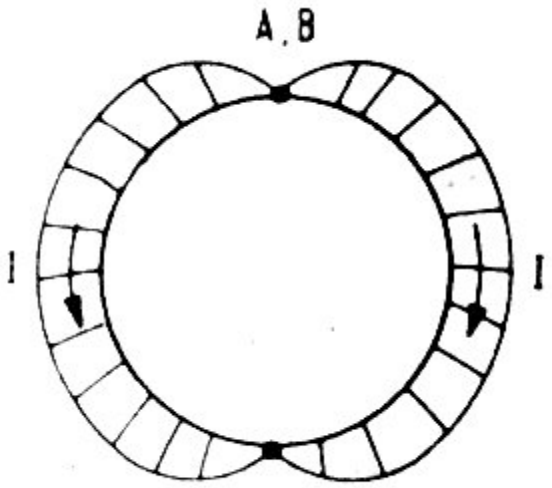


Die eigentliche Antenne ist im folgenden Bild wiedergegeben. Es handelt sich um eine Antenne mit zirkularer Polarisation.

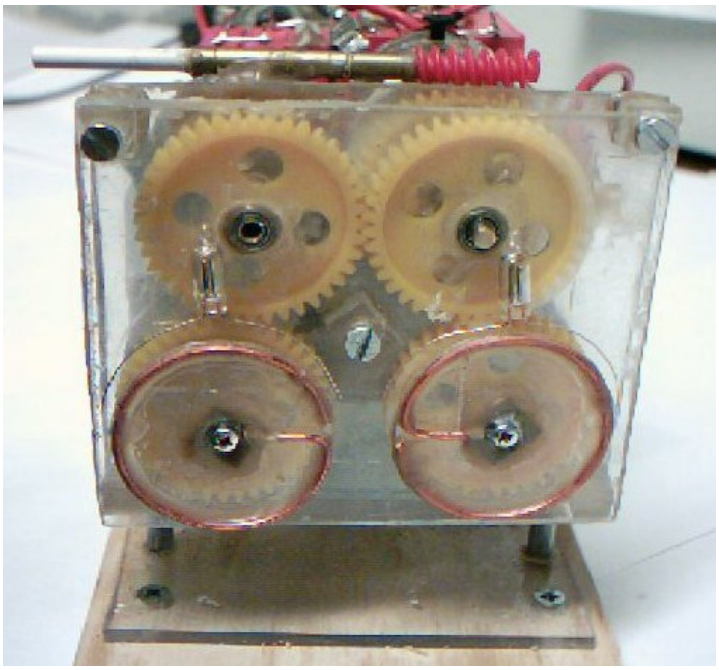


Typische Abmessungen für Wendelantennen sind ein Durchmesser der Wendel von 0,3 der Wellenlänge (Nach Erich Pehl, Mikrowellentechnik, Band 2, Heidelberg 1989, Seite 72.) Der

kreisförmig gebogene Teil der Antenne hat also genau die gleiche Länge wie die Wellenlänge der verwendeten Strahlung. Diese beträgt für 2,45 GHz ungefähr 12 cm. Der zur Achse führende Teil der Antenne dient alleine der Weiterleitung des Hochfrequenzstromes. Das nächste Bild zeigt die Stromverteilung auf einer solchen Antenne und ist dem gleichen Buch entnommen (Seite 69)

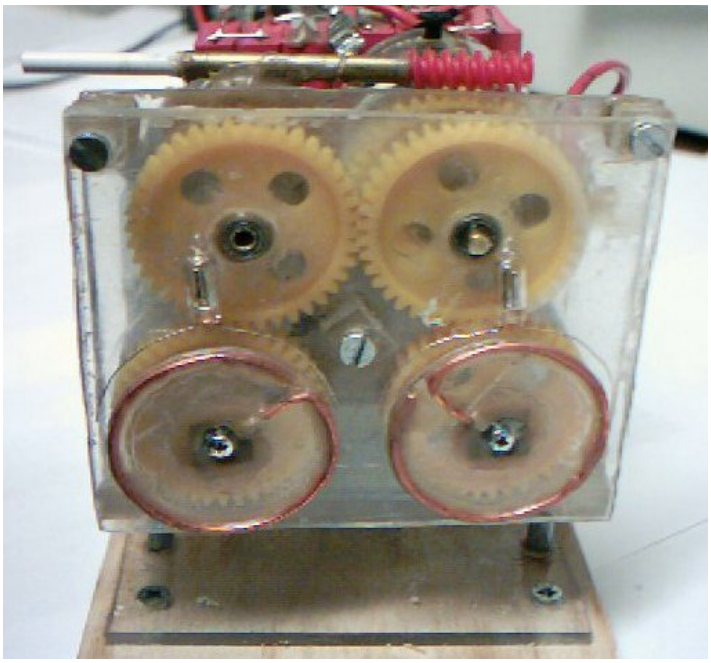


Blick auf die Antennen. In dieser Position der Antennen ist keine Wirkung zu erwarten, da sich die Strahlung beider Antennen durch die Überlagerung auslöscht. Über den Antennen sind zwei Glimmlampen angebracht, deren Zuleitungsdrähte halbkreisförmig entlang der Antennen gebogen sind. Mit Hilfe dieser Glimmlampen kann kontrolliert werden, ob beide Antennen gleichmäßig strahlen. Da sich gezeigt hat, dass diese Glimmlampen unterschiedlich empfindlich sind sollte man zwei mit ungefähr gleicher Strahlungsempfindlichkeit auswählen.

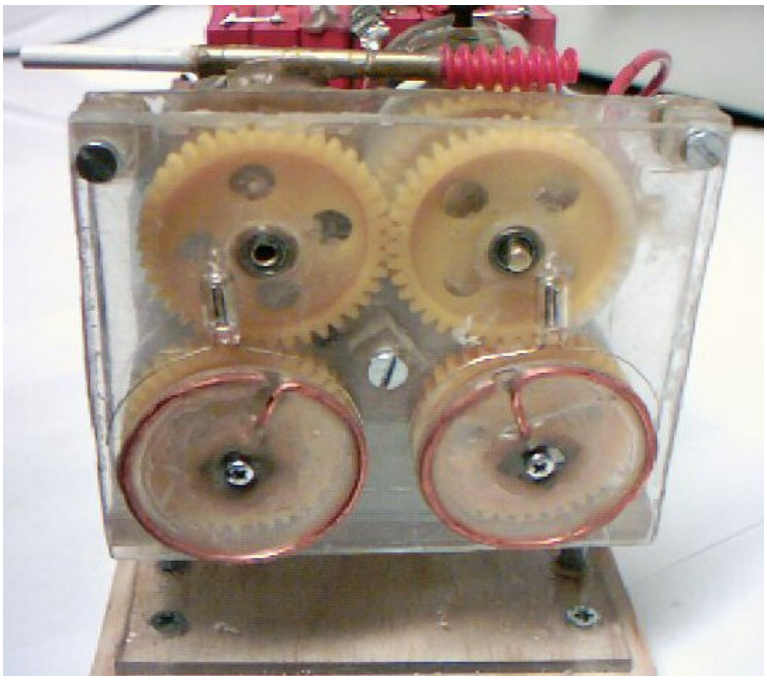


Aus dem folgenden Bild ist ein Punkt der deutlichsten Wirkung zu sehen. Wenn die rotierenden Antennen sich bei einem Mikrowellenpuls in dieser Stellung befinden ist die deutlichste Wirkung der Mikrowellen zu spüren, da hier die Phasenänderungsgeschwindigkeit zwischen beiden Antennen am höchsten ist. Es gibt insgesamt vier Punkte solcher maximaler Wirkung. Diese liegen jeweils im Winkel von 45° zwischen der wagerechten und der

senkrechten Stellung der Antennen, würden also durch die Enden eines über die Antenne gelegten X bezeichnet

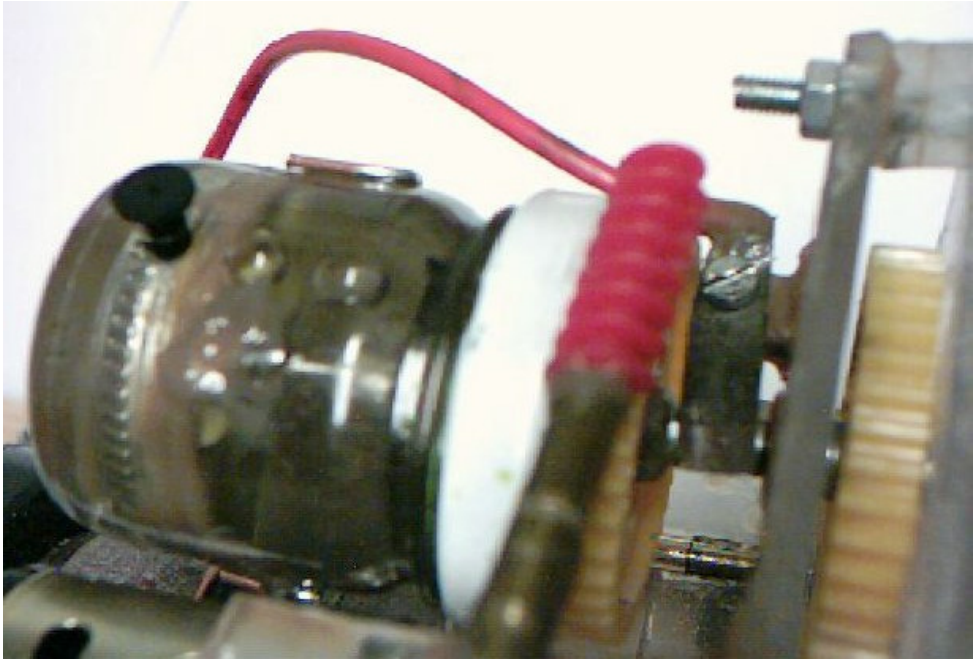


In dieser Stellung ist eine geringere Wirkung zu erwarten.

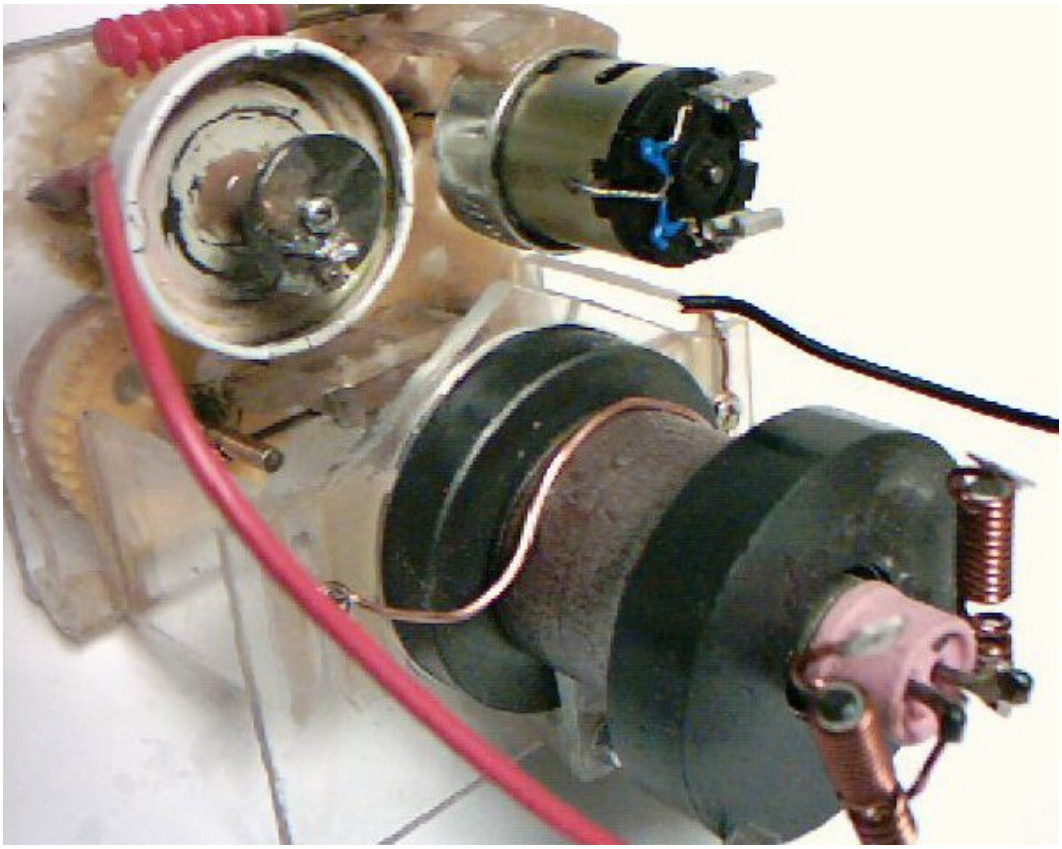


Um das Magnetron zum richtigen Zeitpunkt für die Dauer eines Nervenpulses einzuschalten haben wir einen rotierenden Schalter gebaut der mit dünflüssigem Paraffinöl gefüllt ist. Dieses Öl verhindert einen Lichtbogen beim Trennen des Schalters und verringert wohl auch die Abnutzung der Kontakte. Prinzipiell kann man auch dünnflüssiges Motoren- oder Nähmaschinenöl verwenden In ein kleines Schraubglas wurden mit Hilfe einer Miniaturbohrmschiene und eines Schleifstiftes vier Löcher für die Kontakte und ein weiteres Loch zum Auffüllen des Öls geschliffen. In den Deckel wurde eine Führung aus Aluminiumrohr für die Antriebsachse eingeklebt. Da durch diese kein Öl ausfließen soll muß sie möglichst genau auf die Achse passen und sollte auch nicht zu kurz sein. Das rote

Schneckenrad dient zum Drehen des Hochspannungsschalters, so dass der Zündzeitpunkt des Magnetrons eingestellt werden kann.



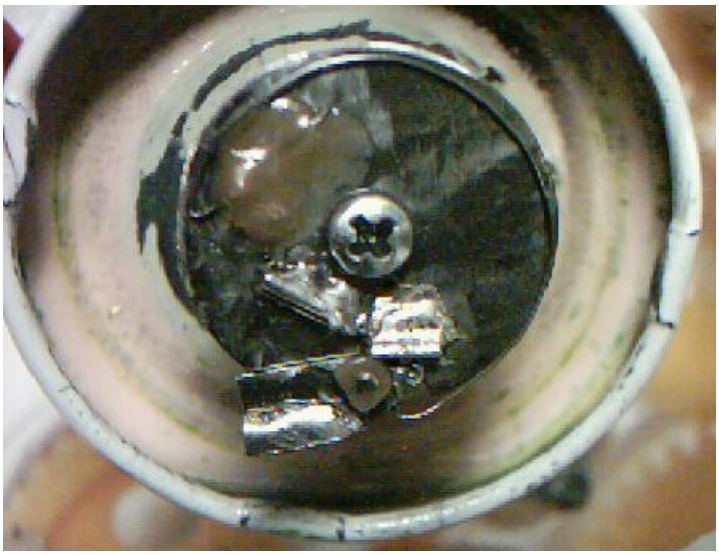
Oben links im Bild der geöffnete Hochspannungsschalter. Vorne die Hochspannungsleitung zum Magnetron. Rechts der Antriebsmotor.



Der Anschluß der Hochspannungsleitung zum Magnetron erfolgt über ein Stück federndes Blech, das den Kontakt zur Antriebsachse oder zur Durchführung herstellt. Im Ende der Achse erkennt man das Gewinde, an dem die rotierende Scheibe mit einer Schraube befestigt wird die den eigentlichen Schalter trägt.

Die rotierende Scheibe mit dem Schalter in eingefahrener Stellung.

Die rotierende Scheibe mit Schalter in ausgefahrener Stellung.

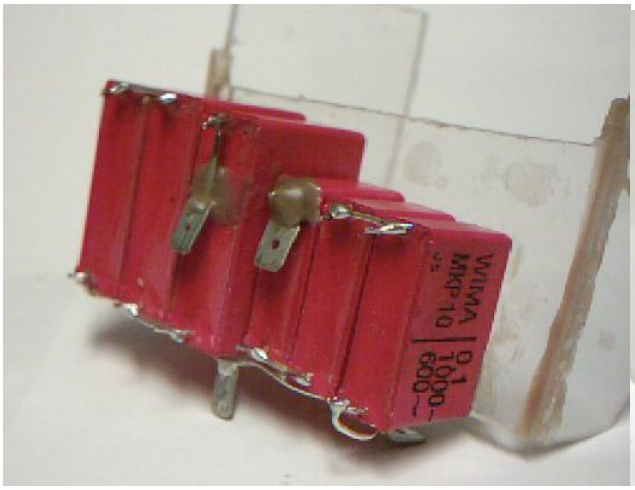


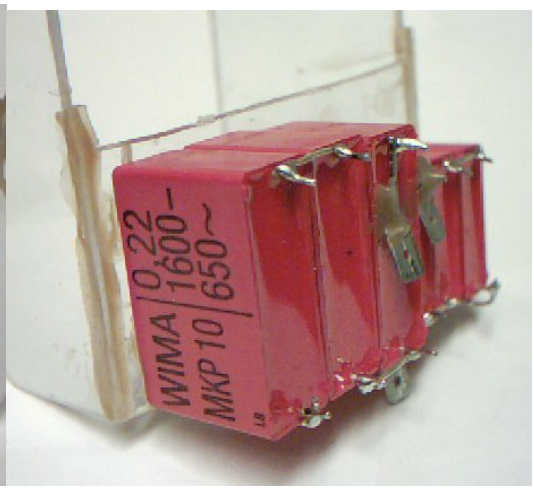
Nahaufnahme der ausgebauten rotierenden Scheibe. Erkennbar ist das eigentliche Schaltelement, dass mit einem Stift aus Federstahl auf der Scheibe befestigt ist. Dieser Stift führt durch Trägerscheibe und Schaltelement und ist so eingeklebt, daß sich das Schaltelement frei bewegen kann. Um die Bewegung nach innen einzuschränken ist dort ein Stück dicker Kupferdraht aufgelötet. Weiterhin erkennt man ein Stück rund gebogenen dünnen Federstahldraht (Modellbau), der auf der linken Seite ebenfalls mit Klebstoff auf der Scheibe befestigt ist. Auf der rechten Seite greift diese Feder in eine Ausbuchtung am Schaltelement so dass dieses im Ruhezustand nach innen gedrückt wird. Wenn sich die Scheibe dreht wird das Schaltelement durch die Fliehkraft nach außen gedrückt und kann so die Kontakte im Glas berühren, so dass die Hochspannung zum Magnetron fließen kann. Im Ruhezustand klappt das Schaltelement so weit ein, dass keine Verbindung hergestellt werden kann, auch wenn sich das Schaltelement zufällig gegenüber einem Kontakt des Glases befindet. Besser als die Feder nur in das Schaltelement einzuhaken, wo sie gelegentlich herausspringt ist es, sie durch ein Loch im Schaltelement zu führen und auf der anderen Seite umzubiegen.

Das Schaltelement im ausgefahrenen Zustand.

Beim Schalten von so hohen Spannungen kommt es auch im Öl zu Funkenüberschlägen, so dass Druckwellen entstehen. Diese Druckwellen führen zum Austritt von Öl aus dem Schalter. Aus diesem Grund haben wir ein Ausgleichsgefäß am Boden des Glases eingeklebt. Dieses besteht aus dem Aluminiumdeckel einer Getränkeflasche über die ein Stück Gummi, hier ein Stück eines Küchenhandschuhs geklebt ist. So können die beim Schaltvorgang entstehenden Druckwellen aufgefangen werden wodurch der Ölaustritt verringert oder gestoppt wird. Allerdings quellen viele Gummisorten durch Öl auf. Es ist also notwendig eine möglichst dünne Gummifolie zu finden, die vom Öl nicht angegriffen wird beziehungsweise ein anderes Öl zu verwenden wenn dieses zu aggressiv ist.

Die Impulskondensatoren mit denen das Magnetron betrieben wird. Links drei Kondensatoren 220 nF 1600 Volt die hintereinandergeschaltete eine Gesamtkapazität von 73 nF bei einer Spannungsfestigkeit bis mindestens 4800 Volt plus Reserve ergeben. Rechts drei Kondensatoren 100 nF 100 Volt die hintereinandergeschaltet eine Kapazität von 33 nF bei einer Spannungsfestigkeit bis 3000 Volt plus Reserve ergeben. Auch diese Kondensatorgruppe hat Spannungen von 4000 Volt vertragen. Um die richtige Pulslänge zu erhalten kann man auch viele Kondensatoren kleinerer Kapazität zusammenschalten. Übrigens wird bei Radargeräten gelegentlich Koaxialkabel als Energiespeicher verwendet. Auch diese Wirken durch ihren Aufbau als Kondensator, so dass sie elektrische Energie speichern können. Gleichzeitig wirken sie durch ihre Länge aber auch als Spule, haben also ebenfalls eine Induktivität. Wenn diese als Energiespeicher verwendeten Koaxialkabel schnell entladen werden bildet sich ein Magnetfeld aus, dass dafür sorgt, dass die gesamte elektrische Energie aus dem Kabel befördert wird. Dadurch enthält man keine Entladekurve wie sie von Kondensatoren bekannt sind, sondern man erhält einen eher rechteckigen Puls. Zu diesem Zweck wird auch häufig ein Impulsformer aus Kondensatoren und Spulen verwendet.

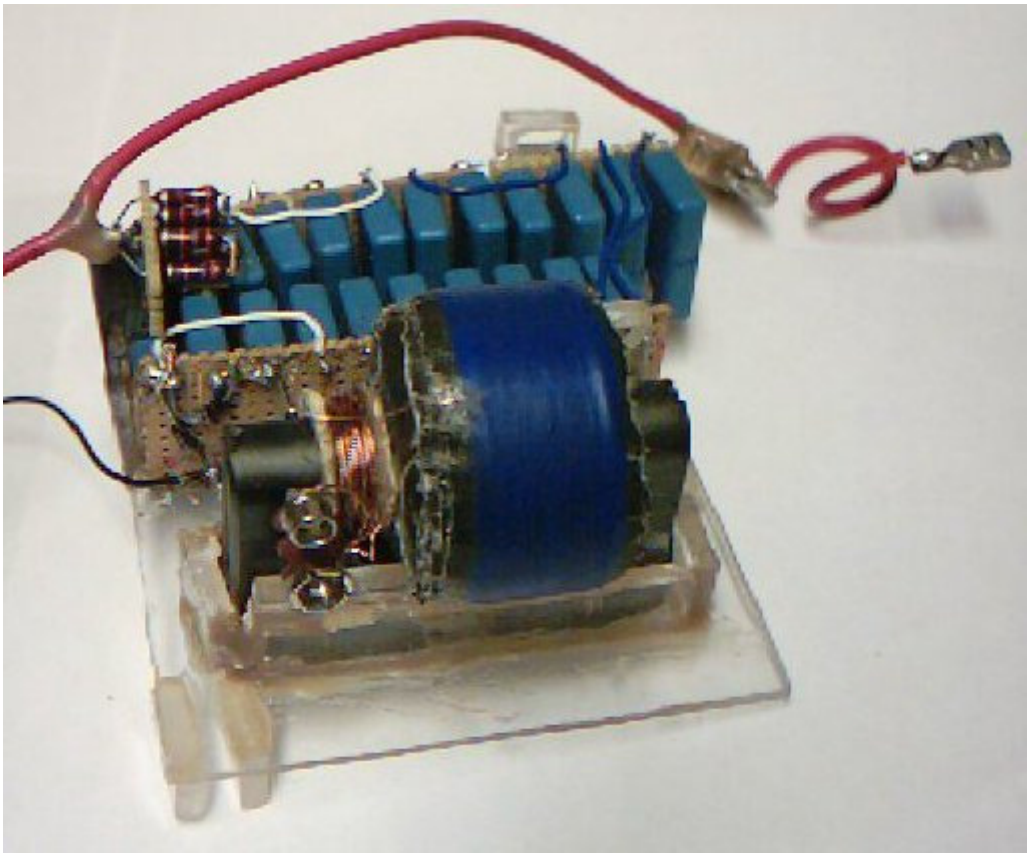




Das folgende Bild zeigt vier Mikrowellenkondensatoren als Energiespeicher zwischen dem Hochspannungsteil und den Impulskondensatoren. Diese Kondensatoren enthalten einen Widerstand von 10 Megaohm zwischen ihren beiden Anschlüssen, damit sie sich entladen wenn sie nicht benutzt werden. Die Widerstände müssen vor der Verwendung entfernt werden. Um den Widerstand auszubauen wird der obere Rand des Kondensators vorsichtig abgeschliffen bis sich der Deckel abheben lässt. Der Kondensator darf hierbei nicht gekippt werden, da er mit Öl gefüllt ist. Auch sollte der Deckel vorsichtig geöffnet werden, damit die beiden Leitungen zum Kondensatorwickel nicht beschädigt werden. Der Kondensatorwickel sollte nicht aus dem Behälter genommen werden, da hierbei Luft eindringt und der Kondensator bereits bei niedriger Spannung durchschlägt. Der Widerstand befindet sich oben

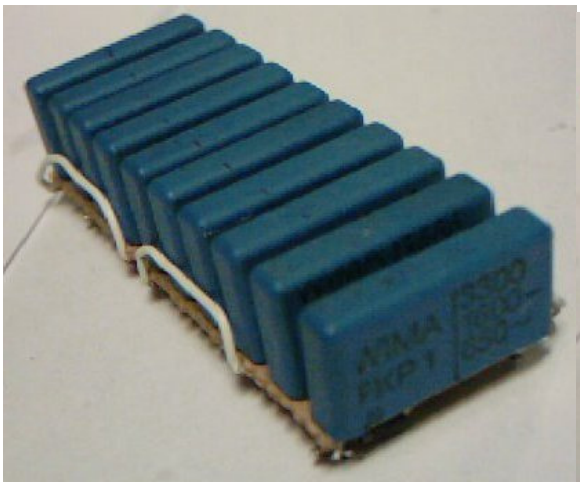
am Deckel. Nachdem dieser vorsichtig entfernt wurde klebt man den Deckel wieder mit Zwei Komponenten Kleber in seine ursprüngliche Lage. Der Kondensator sollte so verschlossen werden, dass kein Öl austreten kann.

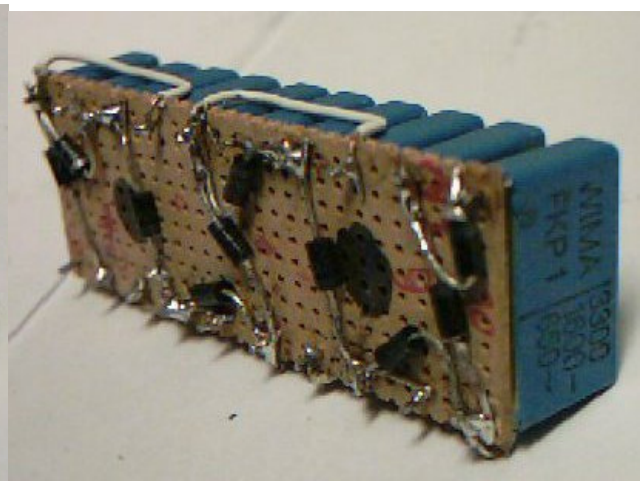
Das nächste Bild zeigt den Zusammenbau von Zeilentransformator und Kasakade. In diesem Fall wurde ein leistungsfähiger Hochspannungstransformator selber gewickelt (Sehr viel Arbeit!) Der Ferritkern stammt aus einem defekten Zeilentrafo. Die große Spule L2 wurde mit 0,2 mm Kupferlackdraht gewickelt. Dieser Durchmesser ist vermutlich größer als er üblicherweise in Zeilentrafos verwendet wird. Jede Lage Kupferlackdraht wurde mit einer Lage Isolierband abgedeckt um Durchschläge zwischen den einzelnen Windungen zu vermeiden. Auf diese Spule wurden so viele Lagen Kupferlackdraht aufgebracht dass sie gerade noch in den Ferritkern passt. Es waren wohl ca. 3000 Windungen. Die Spule L1 besteht aus ca. 20 Windungen Kupferlackdraht mit einem Durchmesser von 0,5 mm. Die günstigste Windungszahl kann man experimentell herausfinden. Wenn auf die Spule L1 Pulse mit einer Frequenz von 15 bis 20 kHz bei einem Strom von 1-2 Ampere gegeben werden liefert die Spule L2 eine Spannung von ca. 400 Volt. Einfacher ist es natürlich einen neuen oder gebrauchten Zeilentrafo zu verwenden. Am besten eignen sich Zeilentrafos aus alten Fernsehgeräten mit einer separaten Kaskade, da diese leicht zerstört wird und bei integrierter Kaskade in diesem Fall der ganze Zeilentrafo in der Regel unbrauchbar wird. Hochspannung zum Ansteuern einer Kaskade kann beispielsweise auch mit Spannungswandlern von 12 Volt auf 220 Volt bereitgestellt werden. Da diese Spannungswandler aber eine Wechselspannung mit einer Frequenz von 50 Hertz liefern müssen die Kondensatoren der Kaskade eine große Kapazität haben um einen ausreichenden Strom liefern zu können. Auf dem Bild erkennt man oben links den Widerstand R2 der wegen der hohen Spannung aus 6 Einzelwiderständen zu 2,7 Kiloohm aufgebaut ist. Ohne diesen Widerstand wird die Kaskade bei schlagartiger Entladung zerstört.



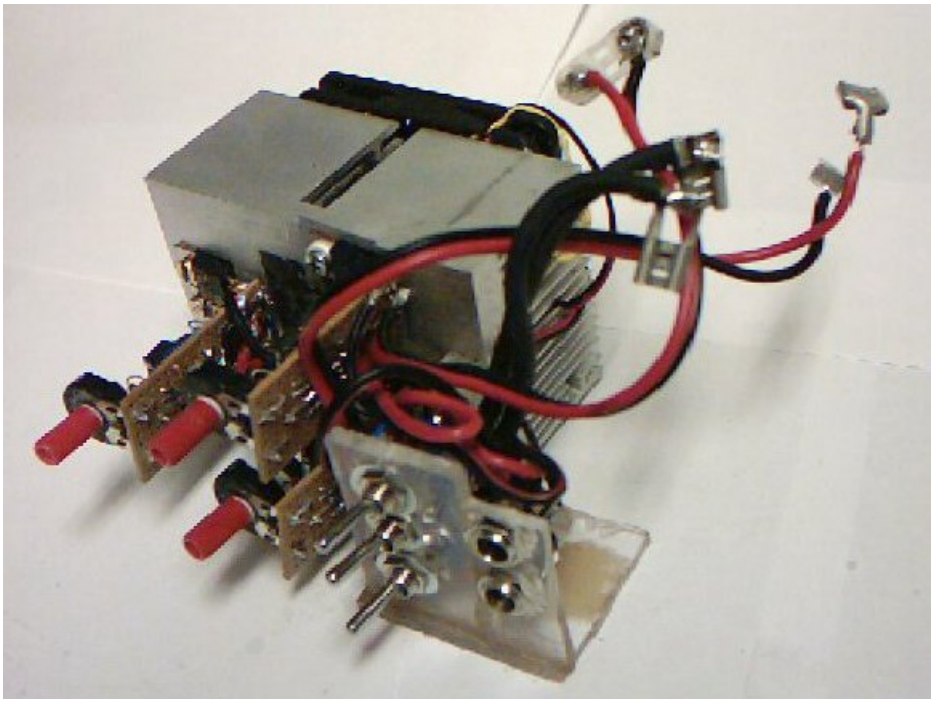
Die nächsten beiden Bilder zeigen den Aufbau der Kaskade. Im linken Bild erkennt man die Kondensatoren. Das rechte Bild zeigt die Dioden. Bei den Kondensatoren handelt es sich um selbstheilende FKP1 von Wima mit einer Kapazität von jeweils 3,3 nF. Diese haben den Vorteil, dass sie bei einem eventuellen Durchschlag nicht vollständig zerstört werden. Bei den Dioden handelt es sich um 1N 4007 mit eine Spannungsfestigkeit von 1000 Volt. Es hat sich herausgestellt dass durch Überspannung zerstörte Dioden nicht mit dem Diodenprüfer eines Vielfachmessinstrumentes erkannt werden können. Allerdings haben solche Dioden oft gegenüber intakten Dioden einen anderen Widerstandswert im Megaohmbereich, so dass sie mit einem Megaohmmeter mit einem Messbereich von über 10 Megaohm als defekt erkannt werden können. Ansonsten hilft nur die Messung des Spannungsanstiegs in jeder einzelnen Stufe der Kaskade. Wenn eine Stufe keinen genügenden Spannungsanstieg zeigt, müssen die entsprechenden Dioden ausgetauscht werden. Die einzelnen Stufen der Kaskade bestehen jeweils aus 2 Kondensatoren und zwei Dioden. In jeder dieser Stufen wird die Eingangsspannung zu der Spannung der vorhergehenden Stufe aufaddiert. Bei einer Wechselspannung von 400 Volt am Eingang messen wir also am Ausgang der 1. Stufe 800 Volt, am Ausgang der 2.Stufe 1200 Volt, am Ausgang der 3. Stufe 1600 Volt und so weiter. Um die gewünschte Spannung im Speicherkondensator schnell zu erreichen sollten eine oder mehrere Stufen extra vorgesehen werden als theoretisch notwendig ist, da die Kaskade die Endspannung nur langsam erreicht. Wir haben eine 11 stufige Kaskade aufgebaut um die Betriebspannung für das Magnetron aufzubereiten. Die Kaskade nach dem Schaltplan liefert eine negative Hochspannung. Falls eine positive Hochspannung benötigt wird, werden die Dioden einfach umgepolt. Das kann nötig werden, wenn die Schaltung zur Regulierung des Heizstromes nicht spannungsfest genug ist und zerstört wird. Mit dem angegebenen Pulsgenerator tauchte das Problem allerdings nicht auf. Jedenfalls kann man in einem solchen Fall die Heizspule an Masse legen und auf das Gehäuse eine positive Hochspannung von 3500-4000 Volt geben. Auch bei einer solchen Beschaltung hat unser Magnetron Mikrowellen produziert. Eine weitere Möglichkeit bei Schwierigkeiten mit der

Spannungsfestigkeit der Bauteile der Heizstromaufbereitung besteht in der Nutzung eines 6 Volt Akkus für die Röhrenheizung, eventuell mit Vorwiderstand.

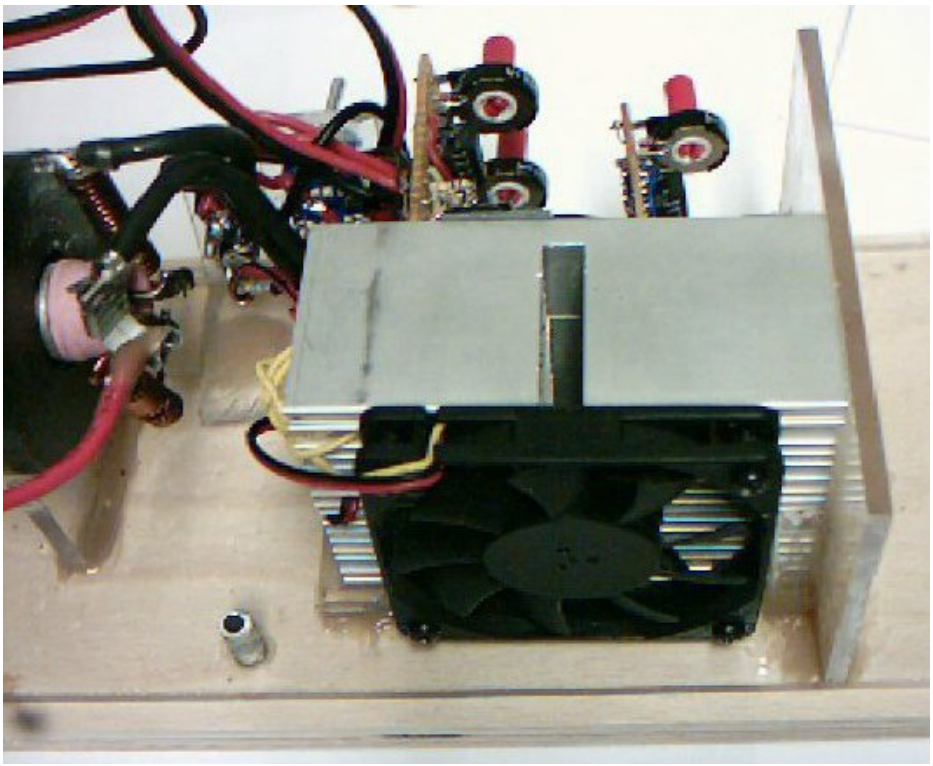




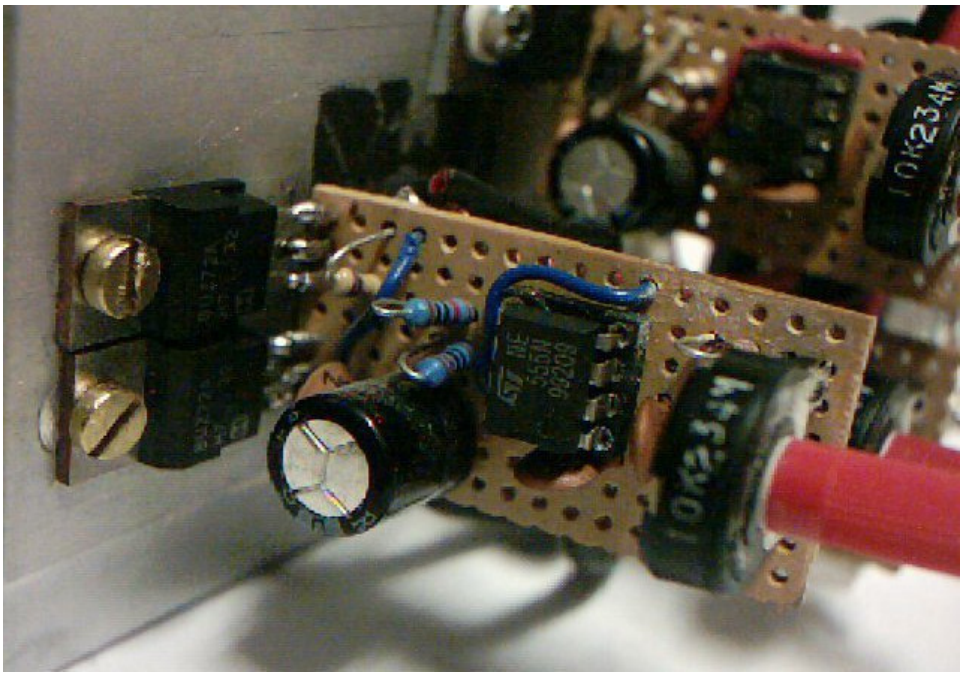
Das folgende Bild zeigt den CPU Kühler mit den drei Pulsgeneratoren und den Schaltern sowie den getrennten 12 Volt Anschlüssen.



Blick auf den Lüfter des CPU Kühlers.



Der Impulsgenerator für den Heizstrom mit den zwei Transistoren vom Typ BUZ 72A.



Die beiden Impulsgeneratoren für die Regelung der Motordrehzahl und die Ansteuerung des Zeilentrafos sind isoliert auf den Kühler montiert weil die Anschlusslasche des verwendeten

Transistors leitend mit Drain verbunden ist. Dazu verwendet man Silikonscheiben und entsprechende Stopfen

Um die Mikrowellen möglichst gerichtet abzustrahlen kann man vor die rotierenden Antennen Mikrowellenlinsen montieren. Diese Stab oder Mantelstrahler bestehen aus Polystyrol. Zur Herstellung solcher Stabstrahler kann man Polyester für die Reparatur von Autokarosserien verwenden. Diese enthalten Styrol, bestehen nach dem Aushärten also aus Polystyrol. Zuerst wird aus Gips ein Modell des Stabstrahlers in Originalgröße hergestellt. Von diesem Modell macht man einen Abdruck mit Silikondichtmasse. Dieser Abdruck kann mit Gips ummantelt werden um ihn zu stabilisieren. In die entstandene Form wird das mit Härter vermischte Harz gegossen. Beim Aushärten erhitzt sich das Material stark. Nach dem Aushärten kann der Stabstrahler aus der Form genommen werden. Um das zu erleichtern sollte man das Gipsmodell und die fertige Form vor dem Gießen mit Formentrennwachs einstreichen. Die fertigen Stabstrahler können vor die Antennen montiert werden.

1.5 Dielektrische Stab- und Rohrstrahler

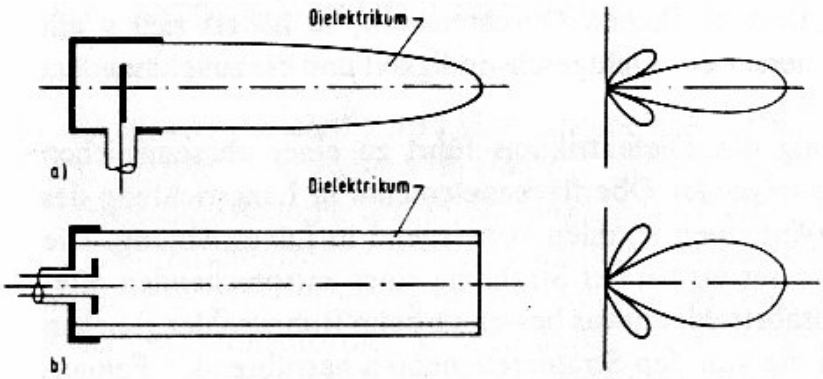
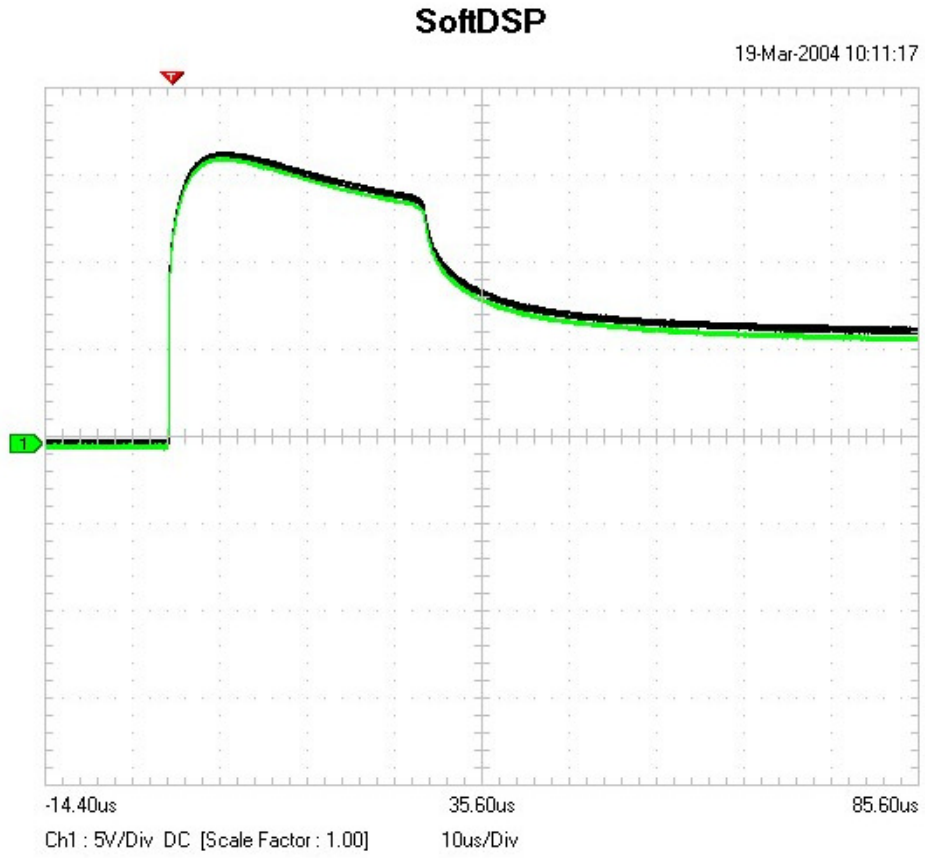


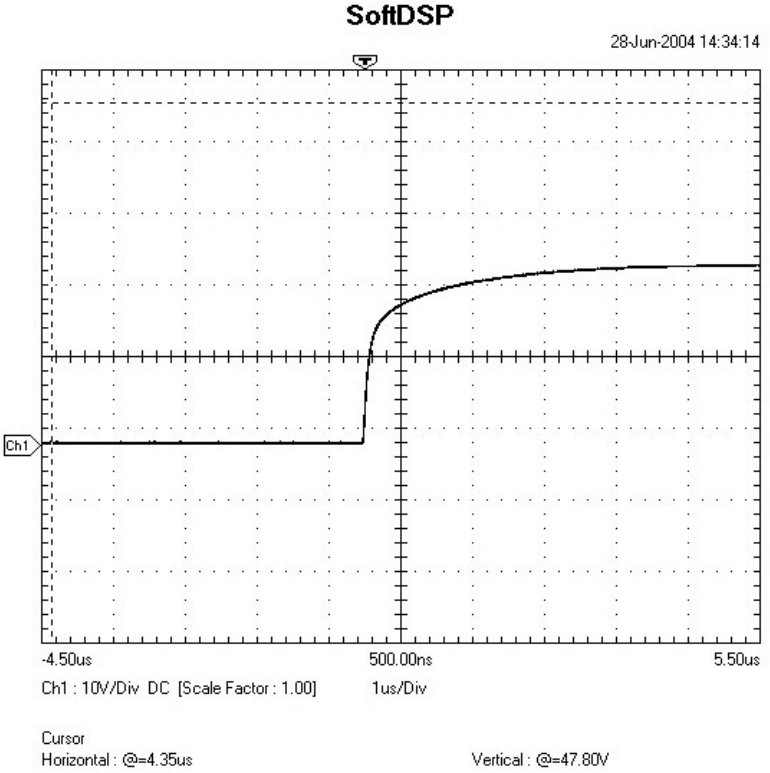
Bild 1.35 Dielektrische Längsstrahler, a) Stabstrahler, b) Mantelstrahler

Warum kann es nun bei dieser Anordnung der beiden Antennen zu einer Wirkung auf den menschlichen Körper kommen? Die beiden Antennen werden vom gleichen Radiofrequenzgenerator angesteuert, so dass die Frequenz an beiden Antennen genau gleich ist. Wenn die eine Antenne mit

zirkularer Polarisation im Verhältnis zur anderen kontinuierlich gedreht wird ändert sich die Phasenlage zwischen den beiden Antennen. Die sich drehende Antenne mit zirkularer Polarisation ist also ein Phasenschieber. Wenn bei der Überlagerung von zwei Radiofrequenzsignalen mit genau gleicher Frequenz die Phasenlage des einen Signals gegenüber der des anderen kontinuierlich verändert wird entsteht ein neues Signal dessen Frequenz von der Geschwindigkeit der Änderung der Phasenlage abhängt. Eine Beschreibung dieser Zusammenhänge finden Sie im Kapitel „Wellenüberlagerung: Einfluß von Frequenz und Phasenlage auf das entstehende Signal“. Im hier betrachteten Fall der zwei zirkular polarisierten Antennen hat das im Bereich der Überlagerung entstehende Signal folglich eine Frequenz die genau der Drehzahl der rotierenden Antenne entspricht. Also zum Beispiel bei 50 Umdrehungen eine Frequenz von 50 Hertz. Das entstehende elektromagnetische Feld entspricht also dem elektromagnetischen Feld in einem Transformator oder zwischen Kondensatorplatten. Das heißt also dass in einem leitenden Körper innerhalb dieses Niederfrequenzfeldes ein elektrischer Strom hervorgerufen wird. Das geschieht auch in Nervenzellen des menschlichen Körpers wenn sie sich in diesem Feld befinden. Da ein Niederfrequenzfeld im Vergleich zu einem Radiofrequenzfeld relativ lange auf die Ionen in den Nervenzellen einwirkt kann auf diese Weise ein Strom in eine Richtung fließen während in einem Hochfrequenzfeld die Ionen überwiegend am gleichen Ort hin und her schwingen. Um eine Wirkung auf die Nerven zu haben muß der entstehende Strom in Stärke und Länge den im Körper natürlicherweise vorkommenden Strömen entsprechen. Nun gibt es eine Vielzahl von medizinischen Geräten die mit Hilfe von Strömen gezielt auf die Nerven des Körpers einwirken. Dazu gehören Geräte zur Behandlung von Schmerzen, die die Weiterleitung von Aktionspotentialen in den Nerven durch elektrische Pulse beeinflussen. Bekannt sind auch Muskeltrainer die mit Hilfe elektrischer Pulse die Muskeln im Körper ansteuern und so zu Kontraktionen führen. Wir haben mit einem Oszilloskop Messungen an einem solchen Muskeltrainer vorgenommen. Das untersuchte Gerät Abgymnic verwendet Pulse der folgenden Form:

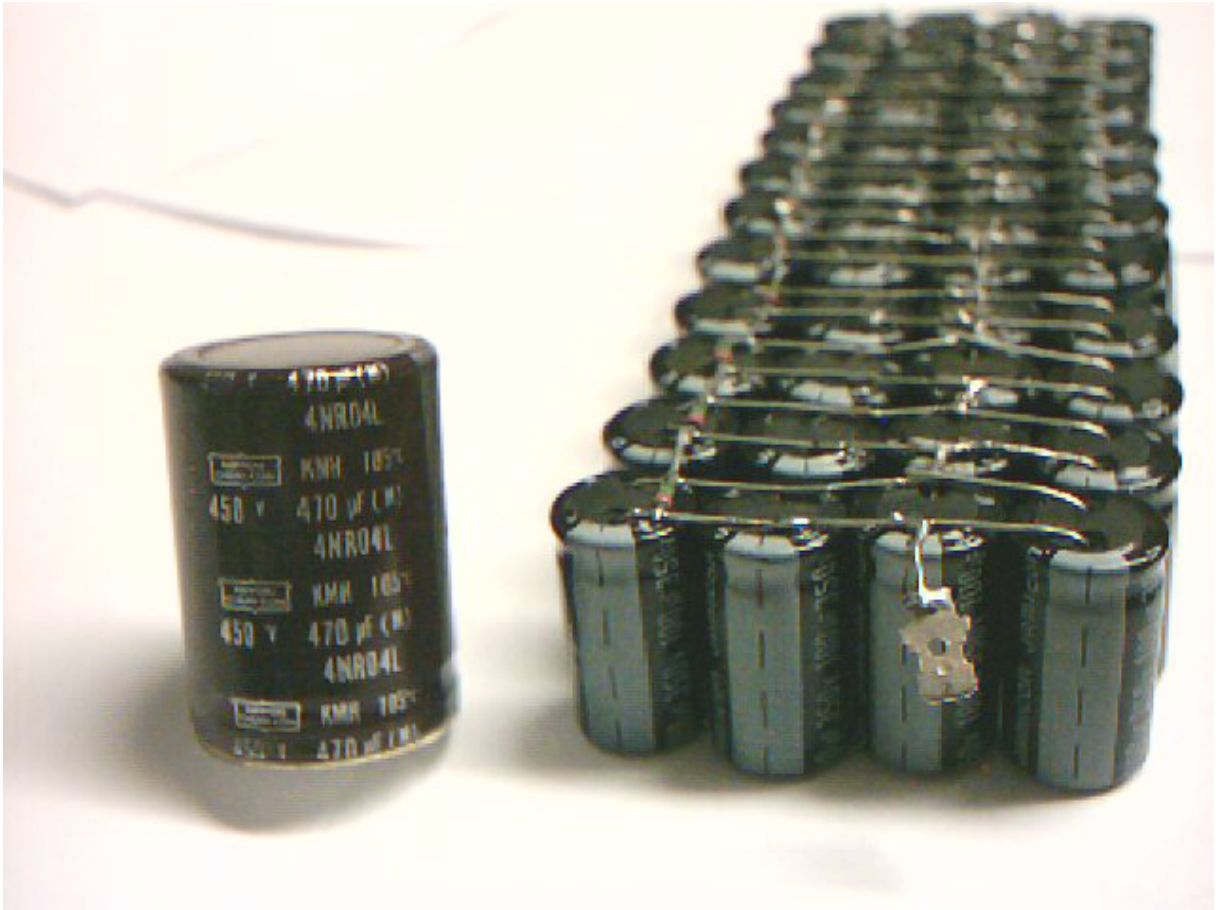


Der Verlauf der Pulsform nach dem Auslösen des Aktionspotentials ist für die Wirkung uninteressant. Wichtig ist hingegen der Abstand zwischen den einzelnen Pulsen. Relevant für die Wirkung auf die Nerven ist vor allem auch die Anstiegszeit des Pulses und seine Länge und Stärke. Deshalb haben wir die Anstiegszeit des Pulses noch einmal genauer gemessen. Sie liegt im Bereich von einer Mikrosekunde wie sich aus dem folgenden Bild ergibt.



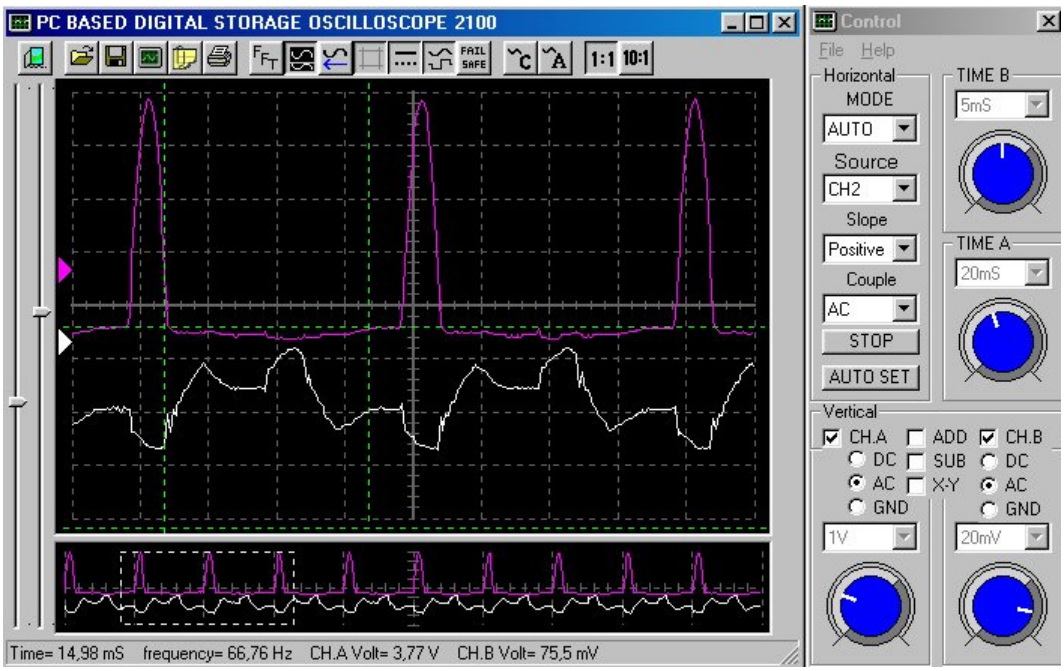
Bereits einzelne Pulse dieses Muskeltrainers führen zu einem merklichen Muskelzucken. Pulsfolgen von ungefähr 70 Pulsen pro Sekunde führen zu einer andauernden Kontraktion der Muskeln. Für eine dauerhafte Muskelkontraktion verwendet der von uns gemessene Muskeltrainer die folgende Pulsfolge mit einer Pulswiederholrate von ca. 70 Pulsen pro Sekunde. Die Form des Einzelpulses entspricht der des oben mit einer anderen Zeiteinstellung wiedergegebenen Pulses.

Um Muskeln anzusteuern ist es also notwendig in dem entsprechenden Muskel solche elektrischen Pulse hervorzurufen. Dazu schaltet man den Radiofrequenzgenerator mit den beiden zirkular polarisierten Antennen entsprechend der Länge und Form des Nervenpulses oder eines Pulses der bekanntermaßen eine Wirkung hat, ein. Das durch Überlagerung der beiden Radiofrequenzsignale entstehende niederfrequente elektromagnetische Feld verursacht einen entsprechenden Strom, der dann auch eine Wirkung auf die Muskeln oder die Nerven hat.
Mit den in der obigen Versuchsanordnung verwendeten 3-5 Mikrofarad kann keine deutliche Wirkung auf den Körper erzielt werden, da hier die Pulslänge viel zu kurz ist. Um Pulslängen wie bei dem gemessenen Muskeltrainer zu erzielen ist eine Kondensatorbank mit einer Kapazität von mindestens einigen hundert Mikrofarad erforderlich. Für eine solche Kondensatorbank verwendet man Elektrolytkondensatoren. Wenn besipielsweise 10 Elkos mit einer Kapazität von 470 Mikrofarad 450 Volt hintereinandergeschaltet werden erhält man einen Kondensator mit einer Kapazität von 47 Mikrofarad mit einer Spannungsfestigkeit von 4500 Volt. Es ist unbedingt notwendig bei jedem Elko zwischen den beiden Zuleitungen einen hochohmigen (z.B. 10 Megaohm) Widerstand einzulöten, damit sich durch eventuelle etwas unterschiedliche Kapazitäten entstehende Spannungsunterschiede an den einzelnen Elkos ausgleichen können. Das folgende Bild zeigt rechts eine Kondensatorbank mit einer Kapazität von ca. 35 Mikrofarad bei einer Spannungsfestigkeit von4200 Volt. Sie besteht aus 48 Elektrolytkondensatoren 100 Mikrofarad / 350 Volt. An den Kondensatoren links sieht man jeweils den Überbrückungswiderstand von 10 Megaohm. Links im Bild ein einzelner Elko 470 Mikrofarad / 450 Volt. Elektrolytkondensatoren können bei zu hoher Spannung beim Verpolen, oder bei einem Schaden am Kondensator explodieren. In einer Kondensatorbank wird sehr viel Energie gespeichert, die dann unter Umständen schlagartig freigesetzt wird. Die Kondensatorbank sollte deshalb in einem massiven Gehäuse oder hinter einer Wand aufgestellt werden, so daß eventuell entstehende Splitter aufgefangen werden.
Und hier noch einmal eine dringende Warnung:
Für einen sicheren Berührungsschutz muß gesorgt werden. Größere Kondensatorbatterien sind im geladenen Zustand wegen ihres hohen Energieinhaltes der innerhalb kürzester Zeit frei wird, Lebensgefährlich. Solche Kondensatorbatterien müssen immer ferngesteuert eingeschaltet werden und dürfen auf keinen Fall berührt werden. Wenn sie nicht benötigt werden sind sie immer zu entladen um Unfälle durch Unachtsamkeit oder bei fremde Personen auszuschließen.

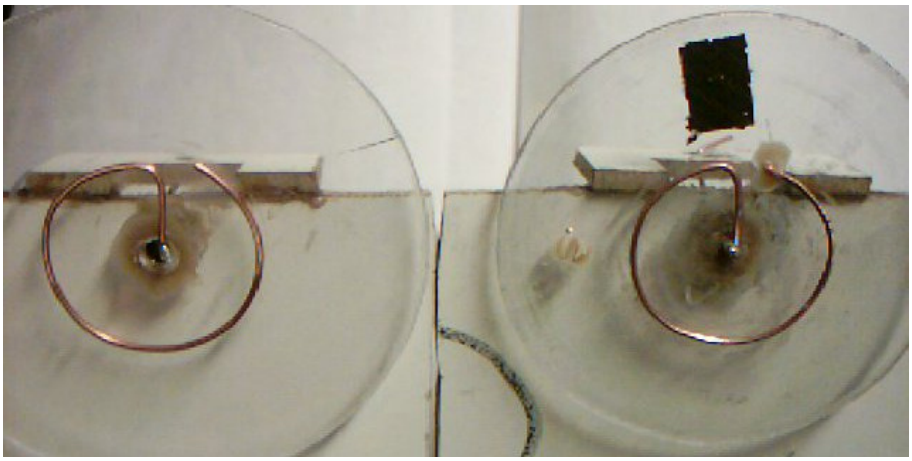


Sinnvoll sind nach den Messungen an dem Muskeltrainer Pulslängen von 10-20 Millisekunden. Bei einer Drehzahl von 2 x 25 gegenläufigen Umdrehungen der beiden Antennen erhält man eine Gesamtdrehzahl von 50 Umdrehungen pro Sekunde. Bei einer Pulslänge von 20 Mikrosekunden ist das Magnetron also für eine ganze Umdrehung eingeschaltet. In diesem Fall entsteht im Bereich der Überlagerung der beiden Mikrowellensignale ein magnetisches und ein elektrisches Feld in Form einer vollständigen niederfrequente Sinuswelle. Bei einer Einschaltdauer von 10 Millisekunden entsteht eine Halbwelle.
Dieses niederfrequente Feld verursacht dann, ähnlich wie der Muskeltrainer, einen Strom im Körper. Eine solchen Kondensatorbank wird nicht mit dem oben beschriebenen ölgefüllten Schalter sondern mit einem Hochspannungsrelais oder Schalter zum Magnetron durchgeschaltet. Denn hier wird das Magnetron nicht bei einer bestimmten Stellung der Antennen zueinander sondern für die Dauer einer ganze Umdrehung der Antennen eingeschaltet.

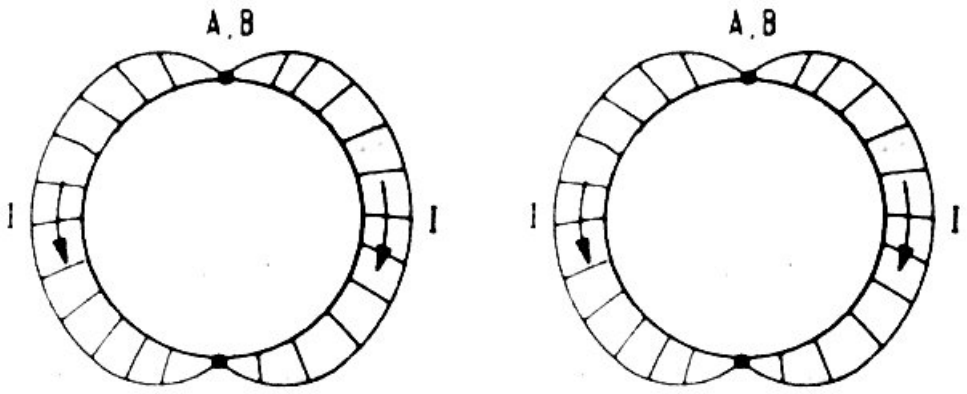
Die Pulsform am Eingang des Magnetrons zeigt das folgende Bild (weiße Linie) Es wurde mit Hilfe eines Oszilloskops aufgezeichnet, dem ein spezieller Tastkopf für Hochspannung vorgeschaltet war. Die violette Linie zeigt die Pulsform des Mikrowellensignals und wurde mit einem Demodulatortastkopf aufgezeichnet an dem ein kurzes Stück Draht als Antenne befestigt war.



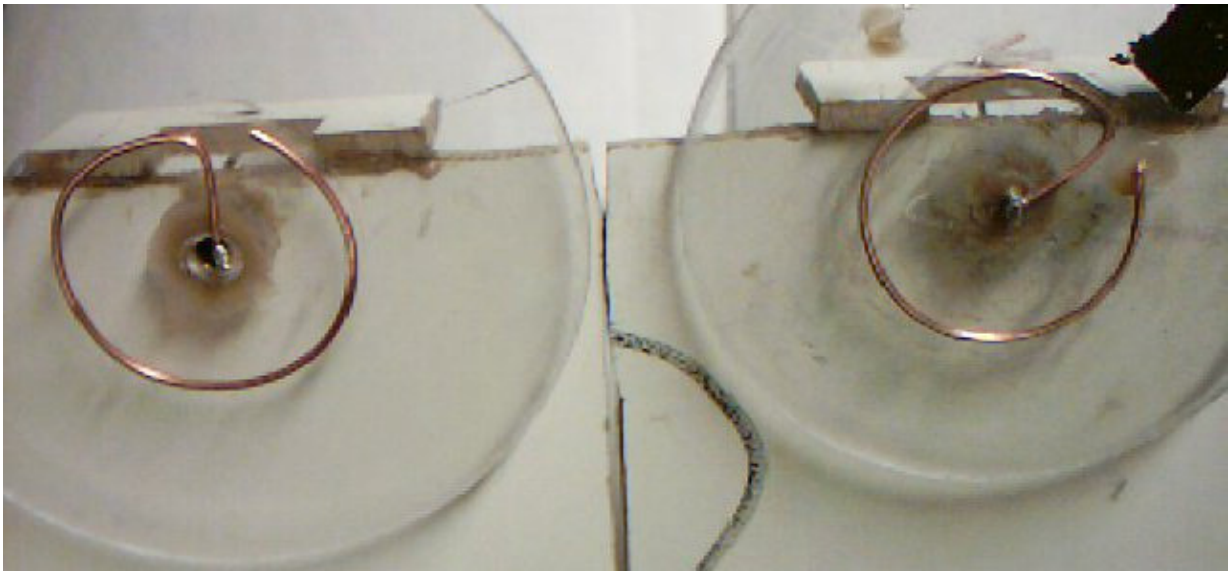
Wir betrachten nun was passiert, wenn zwei zirkular polarisierte Antennen in die gleiche Richtung strahlen wobei sich eine Antenne dreht.



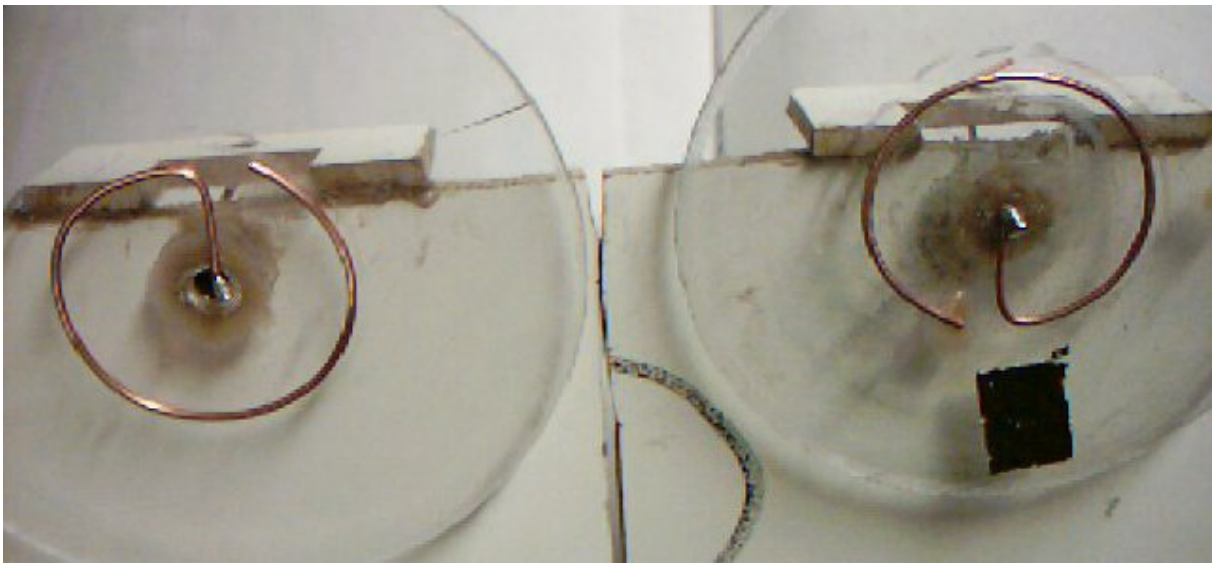
Der Verlauf des Stromes in beiden Antennen ist in diesem Fall gleich, sie strahlen also beide ein gleiches Mikrowellenfeld ab.



Wenn nun die eine Antenne gedreht wird, verhält sie sich wie ein Phasenschieber, denn der Stromverlauf dreht sich ja auch. Bei der Überlagerung der beiden Mikrowellenfelder entsteht nun ein niederfrequentes elektromagnetisches Feld, dessen Frequenz von der Drehzahl der Antenne abhängig ist.



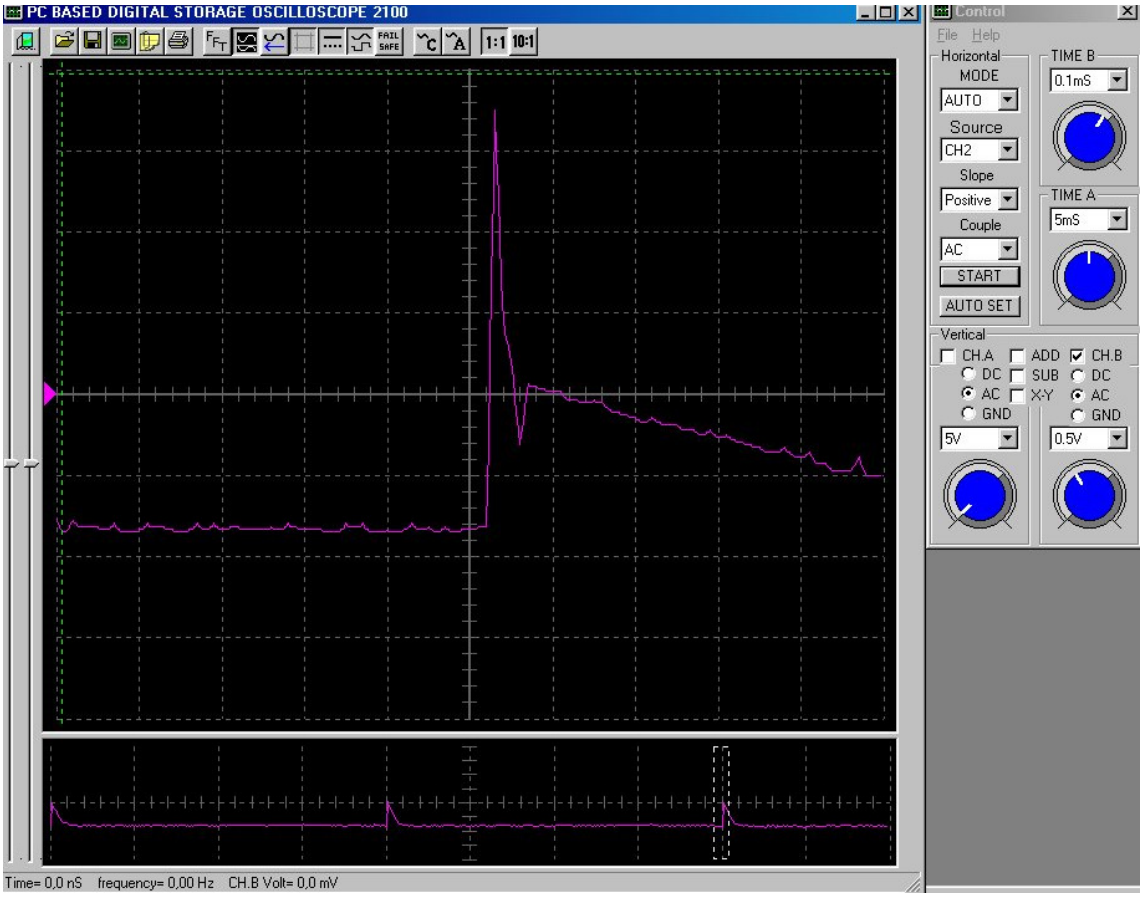
Dieses niederfrequente Feld verursacht nun einen Strom im Körper wenn dieser sich innerhalb des Bereiches der Überlagerung befindet. Um nun eine Wirkung auf die Nervenzellen oder Muskeln zu erzielen muß dieses niederfrequente Feld so beschaffen sein, dass es mit der natürlichen Pulsfolge der Ströme in den Nerven oder mit anderen biologisch wirksamen Strömen übereinstimmt. Die Pulslänge, Pulsstärke und die Pulswiederholrate müssen also die Nervenströme imitieren. Zu beachten ist hierbei allerdings, dass das stärkste Niederfrequenzfeld dann entsteht, wenn die Phasenlage der beiden Antennen ungefähr einen Winkel von 90° zueinander hat. Wenn die Phasenlage der beiden Antennen wie im folgenden Bild zu sehen um 180° gedreht ist, heben sich die beiden Mikrowellenfelder gegenseitig auf, so dass in diesem Bereich natürlich kein Niederfrequenzfeld entstehen kann.



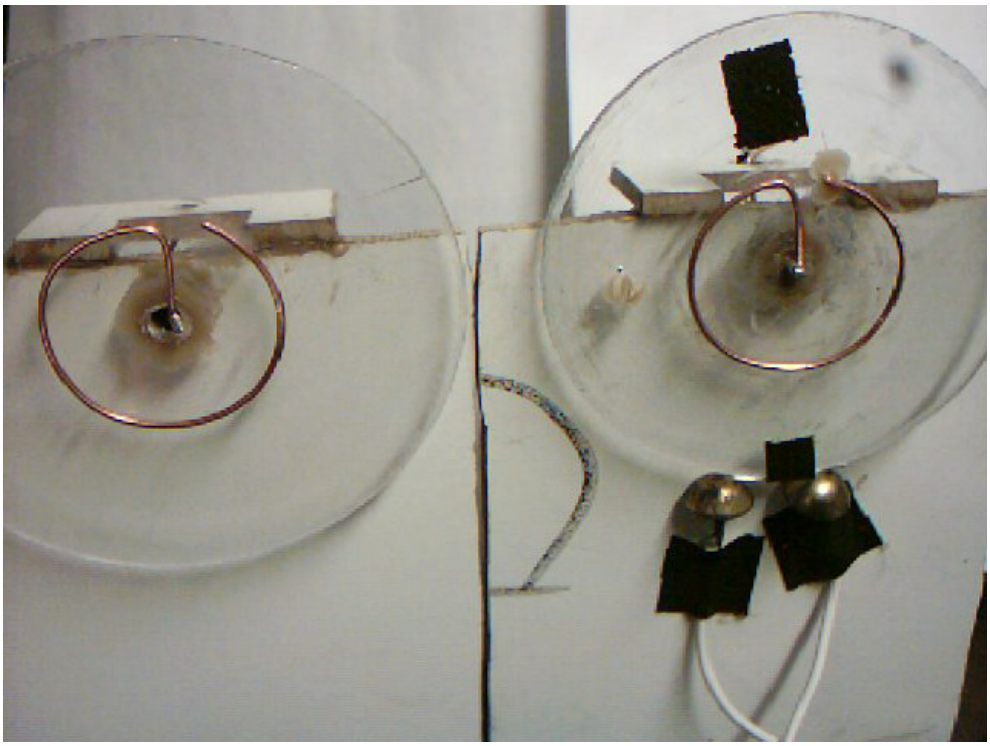
Der Mikrowellengenerator sollte also möglichst im Bereich eines Phasenunterschiedes zwischen den beiden Antennen von 90 Grad eingeschaltet werden).

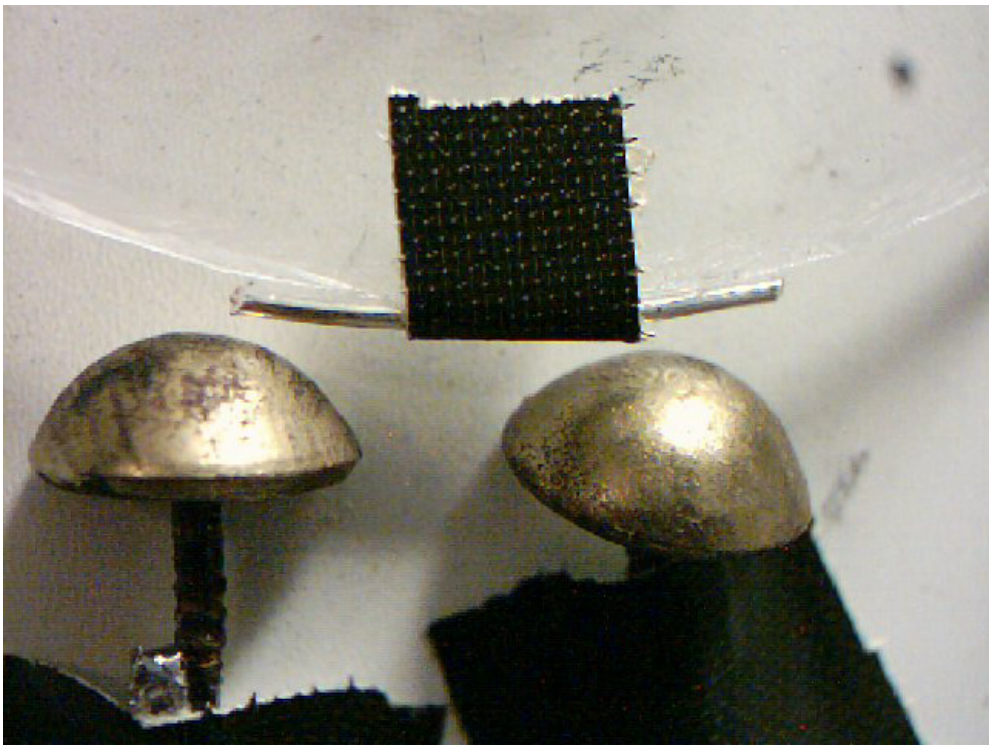
Um eine kurze Anstiegszeit des Pulses zu erhalten kann man die Hochspannung auch über eine Funkenstrecke leiten. Eine Funkenstrecke besteht aus einer Unterbrechung von wenigen Millimetern in der Zuleitung der Hochspannung. Das führt dazu, dass erst ab einer bestimmten Spannung ein Funke überspringt und dann ein Strom fließt, so dass das Magnetron sofort mit hoher Leistung arbeitet. Wir haben eine Funkenstrecke aus zwei Messinghalbkugeln die einen Abstand von ein oder zwei Millimetern voneinander haben hergestellt. Auf keinen Fall darf die Funkenstrecke berührt werden um ihren Abstand zu verändern.

Das folgende Bild zeigt die durch die Funkenstrecke erhaltene Form des Mikrowellenpulses mit einer kurzen Anstiegszeit. Dieser Puls wurde mit einem Demodulatortastkopf gemessen an dem ein kurzes Stück Draht als Antenne befestigt ist.



Diese Funkenstrecke kann auch verwendet werden, um die Mikrowellenpulse nur in dem Moment zu liefern, wenn beide Antennen in der richtigen Phasenlage strahlen. Dazu werden die beiden Messinghalbkugeln in der Nähe des Antennenträgers befestigt. Am Antennenträger selbst wird ein Stück Kupferdraht so befestigt, dass er die Funkenstrecke in dem Moment schließt in dem beide Antennen ungefähr in einem Winkel von 90° zueinander ausgerichtet sind. Diese Anordnung wird in den folgenden beiden Bildern gezeigt.





Man kann Hochspannungskondensatoren verwenden, die von einer entsprechend leistungsfähigen Hochspannungsquelle aufgeladen werden und deren Spannung dann über die Funkenstrecke am rotierenden Antennenträger auf das Magnetron gegeben wird. In diesem Fall wird bei jeder Umdrehung jeweils ein Puls abgegeben, wenn sich die beiden Antennen ungefähr in der richtigen Phasenlage (90 Grad zueinander) befinden. Die Länge des Pulses kann durch die Kapazität des verwendeten Kondensators variiert werden. Für längere Pulse kann man mehrere Kondensatoren zusammenschalten. Die Zahl der Pulse pro Sekunde richtet sich in diesem Fall direkt nach der Drehzahl der rotierenden Antenne.
Diese Anordnung ermöglicht das Testen einer Vielzahl von unterschiedlichen Pulswiederholraten auf biologische.

Bei der Verwendung eines Mikrowellengenerators mit Transistoren kann dieser ebenfalls über den Antennenträger eingeschaltet werden. Dazu wird ein Schleifkontakt an Stelle der Funkenstrecke verwendet oder man benutzt eine Lichtschranke.
Die Zuleitungen nehmen natürlich auch Mikrowellensignale auf. Um zu verhindern dass die angeschlossenen Geräte wie regelbares Netzgerät oder Oszilloskop dadurch gestört werden führt man diese Leitungen jeweils direkt vor dem entsprechenden Gerät mit mehreren Windungen durch einen Ferritring. Das führt dazu, dass das Radiofrequenzsignal abgeblockt wird während niederfrequente Signale, also die Stromversorgungen und das Messsignal nicht beeinflusst werden. Tastköpfe für das Oszilloskop werden natürlich nicht auf diese Weise abgeschirmt.

Um die Pulslänge und den Pulsabstand zu messen kann man einen Hochspannungstastkopf an die Hochspannungsleitung zum Magnetron anschließen der wiederum an ein Oszilloskop angeschlossen wird. Bei dieser Messung sollte man wegen der hohen Spannung möglichst kein teures oder ein gebrauchtes Oszilloskop verwenden. Eine weitere Möglichkeit die Pulsform und den Pulsabstand von Radiofrequenzstrahlung zu messen besteht darin zwischen Messpitze und Masseleitung eines Tastkopfes für ein Oszilloskop eine schnelle Diode zu schalten. Diese Diode richtet die Hochfrequenz gleich, so dass man die Pulsform darstellen kann. Geeignet sind hierfür beispielsweise Germaniumdioden vom Typ AA119 oder AA138.
Um das durch die Wellenüberlagerung entstehende Niederfrequenzsignal zu messen, verwendet man ein Plastik- oder Glasröhrchen mit einem inneren Durchmesser von einigen mm. Dieses wird mit einer Salzlösung gefüllt die der Konzentration im menschlichen Körper entspricht. Es handelt sich hierbei also um eine grobe Imitation eines Nerven. Für unsere Versuche genügt es so viel Salz in etwas Wasser aufzulösen, bis das Wasser leicht salzig schmeckt. An beiden Enden des Röhrchens werden Drähte eingeklebt und diese werden mit einem Oszilloskop verbunden, Ferritring oder HF-Drossel nicht vergessen. Wenn dieses Röhrchen nun 50 cm vor den rotierenden Antennen befestigt wird kann man deutlich einen Niederfrequenzanteil im Bereich der Überlagerung messen. In unserem Fall lag dieser Niederfrequenzanteil bei einer Länge des Röhrchens von ca. 5 cm in der Größenordnung von 0,5 Volt.

Bewertung der speziellen Verfahren des Einsatzes von Radiofrequenzstrahlung

In der Literatur ist die biologische Wirkung von Radiofrequenzstrahlung ausführlich beschrieben. Mit speziellen Techniken ist es möglich eine besonders ausgeprägte Wirkung bei niedriger Sendeleistung hervorzurufen. Diese stärkere Wirkung beruht darauf, daß die verwendeten Radiofrequenzsignale im Zielgebiet einen niederfrequenten Strom hervorrufen. Wenn dieser von außen erzeugte Strom auf die natürlichen Ströme und Spannungen in den Nervenzellen abgestimmt ist hat er eine entsprechende Wirkung. Niederfrequente Ströme kann man einerseits durch Wellenüberlagerung (siehe auch „Wir bauen uns einen Phasenschieber“ und „Wellenüberlagerung: Einseitenbandmodulation und unterdrückter Träger“), andererseits durch die Abstrahlung eines gleichgerichteten Hochfrequenzfeldes (siehe „Abstrahlung eines gleichgerichteten Radiofrequenzfeldes“) hervorrufen. Da man mit Hilfe beweglicher Antennen einfach die Phasenlage zwischen zwei abgestrahlten Hochfrequenzsignalen verändern kann, bietet sich diese Methode für Versuche zur biologischen Wirksamkeit von Radiofrequenzstrahlung an.

Ein gleichgerichtetes elektromagnetisches Feld verändert zwar seine Stärke im Takt der Frequenz, hat aber immer die gleiche Richtung, so daß ein Ionenstrom in diese Richtung fließt und so die natürlichen Nervenströme nachgeahmt werden können. Dazu läßt man das gleichgerichtete Hochfrequenzfeld für eine gewisse Zeit, also zum Beispiel für die Länge eines Nervenimpulses einwirken. Daß Hochfrequenzfelder mit einer gleichgerichteten Komponente eine besondere Wirkung haben, ergibt sich bereits aus einer Veröffentlichungen von 1920. So heißt es in „Die Diathermie“ (Beitrag in diesem Kapitel) daß Patienten die mit Radiofrequenzstrahlung behandelt wurden über Reizerscheinungen und Muskelzuckungen klagten, wenn der Stromkreis des verwendeten Gerätes durch abgenutzte Elektroden oder schadhafte Kabel schlecht leitende Übergänge besaß. Solche schadhaften elektrisch schlecht leitenden Übergänge können dazu führen, daß der Strom an ihnen leichter in die eine als in die andere Richtung fließt. In diesem Fall findet dann also eine zumindest teilweise Gleichrichtung statt, so daß auch das entstehende Hochfrequenzfeld die sich in ihm befindlichen Ionen und Elektronen mehr in die eine als in die andere Richtung befördert. Dadurch entsteht ein länger anhaltender Strom, der dann auch eine biologische Wirkung haben kann.

Da die in der Funktechnik angewandten Verfahren der Trägerunterdrückung (Doppelseitenband- und Einseitenbandmodulation) seit ca. 1920 bekannt und veröffentlicht sind, besteht seit dieser Zeit die Möglichkeit biologische Wirkungen mit ihnen hervorzurufen. Interessant ist in diesem Zusammenhang, daß Funkamateure Einseitenbandmodulation und Amplitudenmodulation verwenden dürfen. Sendungen mit Doppelseitenbandmodulation (mit unterdrücktem Träger) sind ihnen aber verboten obwohl sie mit der gleichen abgestrahlten Leistung eine höhere Reichweite ermöglichen. Da Funkamateure auf den ihnen zugeteilten Frequenzen in der Wahl der Übertragungsart im allgemeinen wenigen Beschränkungen unterworfen sind, ist dieses Verbot doch erstaunlich. Noch erstaunlicher ist die Begründung für dieses Verbot, nämlich daß die Doppelseitenbandmodulation gegenüber der Einseitenbandmodulation eine höhere Bandbreite benötigt. Das ist zwar technisch betrachtet richtig, aber die erlaubte Amplitudenmodulation, die ja aus dem Träger und beiden Seitenbändern besteht benötigt die gleiche Bandbreite wie die Doppelseitenbandmodulation (Amplitudenmodulation mit unterdrücktem Träger).

Die Abstrahlung der beiden Seitenbänder oder eines Seitenbandes und des Trägers wird in der Funktechnik bereits seit 1923 verwendet. Sie ermöglicht auch die drahtlose Übertragung von Sprache in der Form von "Stimmen hören". Bei diesen beiden Verfahren ist es nicht notwendig die Sprache aufwendig aufzubereiten. Man hat bereits vor 80 Jahren einfach aufgebaute Ringmodulatoren verwendet mit deren Hilfe ein Doppelseitenbandsignal erzeugt werden kann, so daß das Einspielen von Stimmen bereits damals möglich war.

Der Einsatz von Strahlenwaffen die mit Wellenüberlagerung arbeiten, lässt sich relativ leicht nachweisen, da hierbei direkt ein Niederfrequenzsignal erzeugt wird das mit gebräuchlichen Geräten zu messen ist und auch mit einfachen Verstärkern hörbar gemacht werden kann, falls seine Frequenz im hörbaren Bereich (100-20000 Herz) liegt. Beim Einsatz von Geräten die mit Wellenüberlagerung arbeiten, würden wohl gelegentlich ungewöhnliche Geräusche oder auch Stimmen aus den verschiedensten Lautsprechern ertönen. Ältere Leser werden sich erinnern daß es vor 20-30 Jahren

gelegentlich Berichte über solche Vorkommnisse in den Medien gegeben hat. Oft wurde dann als Erklärung angeboten, daß ein nahegelegener Rundfunksender dafür verantwortlich sei, und daß das Funksignal an irgend welchen schlecht leitenden Übergängen gleichgerichtet und dadurch hörbar würde. Diese Berichte sind inzwischen vollständig aus den Medien verschwunden. Statt dessen häufen sich die Aussagen von Personen, die "Stimmen" hören.

Für den verdeckten Einsatz als Waffe oder zur Folter dürfte vor allem die Abstrahlung eines gleichgerichteten Hochfrequenzfeldes verwendet werden. Die Wirkung eines solchen gleichgerichteten Hochfrequenzfeldes ist sicher länger bekannt als die Wirkung der beiden anderen Verfahren, denn diese benötigen eine ungedämpfte elektromagnetische Schwingung wie sie ja erst mit der Einführung der Verstärkerröhre um 1900 ermöglicht wurde. Zuvor konnte ausschließlich stark gedämpfte Radiofrequenzstrahlung erzeugt werden. Die Verwendung von Wellenüberlagerung zur Erzielung von biologischer Wirkung von Radiofrequenzstrahlung ist mit gedämpfter Strahlung kaum machbar. Wenn jedoch vom Sender eine schnelle Abfolge solcher gedämpfter Schwingungen gleichgerichtet abgestrahlt wird und der Sender so betrieben wird, daß er im Takt der körpereigenen Ströme ein- und ausgeschaltet wird, werden biologische Wirkungen erzielt.

Ein wichtiger Punkt der für die Bevorzugung der gleichgerichteten Radiofrequenzstrahlung gegenüber den anderen Verfahren spricht liegt darin, daß diese wohl leichter verdeckt eingesetzt werden kann. Da ausschließlich entweder positive oder negative Halbwellen abgestrahlt werden, verhält sich gleichgerichtete Radiofrequenzstrahlung in elektronischen Schaltungen etwas anders als nicht gleichgerichtete. Aus diesem Grund könnte es schwierig sein diese gleichgerichtete Hochfrequenzstrahlung mit den üblichen Geräten zu messen oder mit Rundfunkempfängern oder Scannern zu empfangen. Möglicherweise lassen sich handelsübliche Geräte aber relativ einfach für dieses Einsatzgebiet anpassen wobei dann aber immer noch die aus der Funktechnik bekannten Tarnverfahren wie zum Beispiel der Einsatz der Spreizspektrumtechnik (siehe gleinamiger Beitrag) berücksichtigt werden muß.

Diese speziellen Techniken haben natürlich einen viel höheren Wirkungsgrad als die schon seit 60 Jahren bekannte Gleichrichtung von Radiofrequenzstrahlung an der Zellmembran (siehe gleichnamiger Beitrag in diesem Kapitel). Denn an der Zellmembran wird die Radiofrequenz nur zu einem sehr geringen Teil gleichgerichtet.

Gleichgerichtete Hochfrequenz

Das wichtigste Verfahren zur Folter dürfte in der Verwendung von gleichgerichteten Funksignalen oder solchen mit einer gleichgerichteten Komponente bestehen. Verwendbar sind auch Funksignale, die in einer Art verzerrt sind, dass die positiven und die negativen Anteile jeweils eine unterschiedliche Frequenz haben. Die im menschlichen Körper fließenden elektrischen Ströme sind vor allem Ionenströme. Das heißt die Übertragung von elektrischen Ladungen findet durch elektrisch geladene Atome oder Moleküle statt. Diese Ionen haben im Gegensatz zu den in Metallen fließenden Elektronen eine sehr große Masse (Gewicht) und damit Trägheit so dass sie den Änderungen des elektromagnetischen Feldes nicht so schnell folgen können. Ein kurzer aber starker Impuls bewegt diese Ionen weniger als ein schwächerer aber länger anhaltender Impuls, auch dann wenn der Energieinhalt der beiden Impulse gleich groß ist. Durch Radiofrequenzstrahlung schwingen die Ionen in der Regel im Takt des Feldes an einem Ort hin und her. Bei der Einwirkung eines gleichgerichteten oder eines asymmetrischen Radiofrequenzfeldes werden die Ionen von dem länger anhaltenden Impuls (Halbwelle der Schwingung) stärker bewegt als von dem kürzeren Impuls. Das heißt, dass die Ionen sich überwiegend in eine Richtung bewegen. Es fließt also ein elektrischer Strom im Körper, der dann eine entsprechende Wirkung hat.

Aus vielen Veröffentlichungen ist die biologische Wirkung von modulierter, insbesondere gepulster Radiofrequenzstrahlung bekannt. Bei den allgemein verwendeten Funkanlagen wird ein hochfrequenter Wechselstrom in die Antenne geleitet. Durch diesen hochfrequenten Strom in der Antenne entsteht ein elektromagnetisches Feld das von der Antenne abgestrahlt wird. Dieser Strom fliesst in der Antenne vor und zurück, so daß sich die Richtung des erzeugten elektromagnetischen Feldes in schneller Folge ändert. Nehmen wir nun an, daß sich in dem durch den Strom in der Antenne hervorgerufenen elektromagnetischen Wechselfeld ein Leiter befindet, also zum Beispiel eine zweite Antenne oder aber auch Nervenzellen oder Blutgefäße. In diesem Fall wirkt das elektromagnetische Feld auf diesen Leiter ein und verursacht darin ebenfalls einen hochfrequenten Wechselstrom.
Um eine stärkere Wirkung mit niedrigerer Sendeleistung zu erzielen kann ein Hochfrequenzfeld abgestrahlt werden (siehe „Abstrahlung eines gleichgerichteten Radiofrequenzfeldes“), das seine Kraft ausschließlich in eine Richtung ausübt. Wenn ein solches Hochfrequenzfeld auf ein leitendes Material trifft wird in diesem ein Strom hervorgerufen, der nur in eine Richtung fließt, denn die Kraft des Feldes wirkt ja nur in eine Richtung. Wenn in Metallen ein elektrischer Strom fließt, bewegen sich dort Elektronen. Bei elektrischen Strömen in biologischen Systemen bewegen sich vor allem Ionen, also elektrisch geladene Atome oder Atomgruppen. Diese elektrisch geladenen Atome sind wegen ihres viel größeren Gewichtes träger, so daß das Feld länger auf sie einwirken muß, damit sie einen bestimmten Weg zurücklegen können. Ein elektromagnetisches Feld das nur in eine Richtung wirkt ist also viel wirksamer als ein Feld das seine Richtung in schneller Folge ändert.
Wenn nun dieses gleichgerichtete elektromagnetische Feld auf eine Nervenzelle wirkt verursacht es eine elektrische Spannung und dadurch einen Stromfluß. Wenn diese Spannung und der hervorgerufene Strom nun von der Länge, Stärke, Pulswiederholrate und Richtung her ungefähr mit den von den Nervenzellen zur Weiterleitung von Signalen verwendeten Aktionspotentialen übereinstimmt kommt es folglich zu einer Beeinflussung oder Störung der natürlichen Vorgänge in den Nervenzellen. Es ist aber nicht unbedingt nötig einen Strom in der Größenordnung eines Aktionspotentials hervorzurufen. Um eine biologische Wirkung zu erhalten genügt es, daß ein natürliches Aktionspotential der Zelle durch die Einwirkung von Radiofrequenzstrahlung ausgelöst wird. Interessant ist daß solche zumindest teilweise gleichgerichteten Hochfrequenzsignale in der Medizin verwendet werden.
In: "Bioelectrical Dosimetry" von Charles Polk, veröffentlicht in Martin Blank: "Electromagnetic Fields, Biological Interactions and Mechanisms" S. 57- 78 findet sich auf Seite 59 dazu folgender Absatz:
"Von besonderem Interesse sind die Frequenzanteile von therapeutischen gepulsten Geräten (Anmerkung des Übersetzers: In diesem Fall wohl vor allem Geräte die ein Magnetfeld verwenden), da sie in der Vergangenheit oft verwendet wurden um biologische Wirkungen auszulösen oder zu untersuchen. Unglücklicherweise sind die Beschreibungen der von diesen Geräten gelieferten Signale in den Forschungsberichten oft sehr unvollständig oder sogar irreführend. Das in Bild 1 wiedergegebene Signal ähnelt denen, die von einigen Therapiegeräten zur Behandlung von schlecht heilenden Knochenbrüchen benutzt werden.

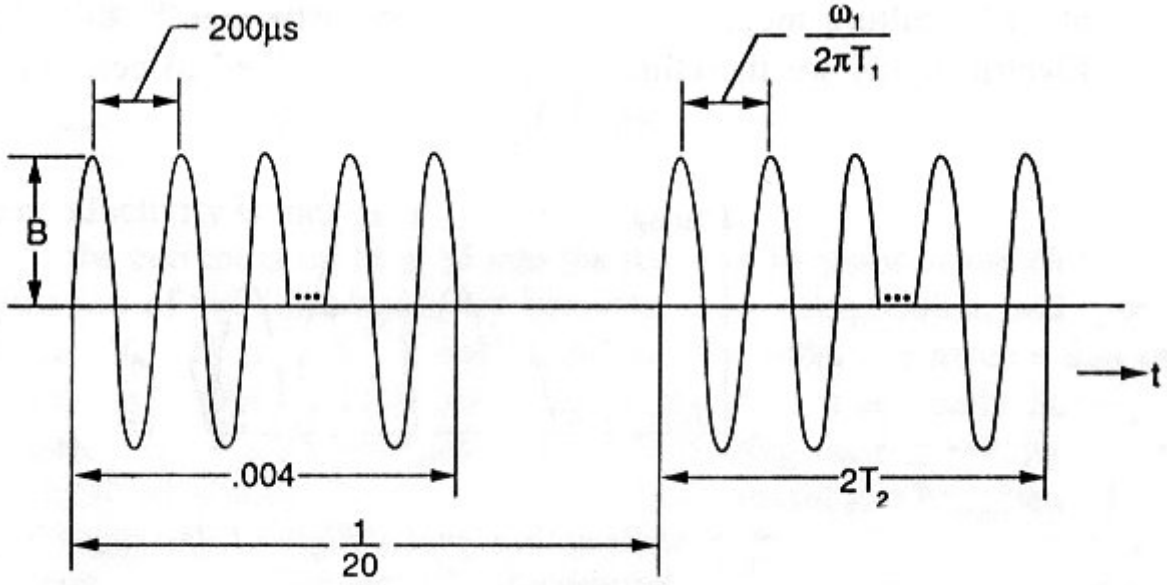


Figure 1. Biphasic pulse burst repeated at frequency ($\omega_0/2\pi$) = 20 Hz.

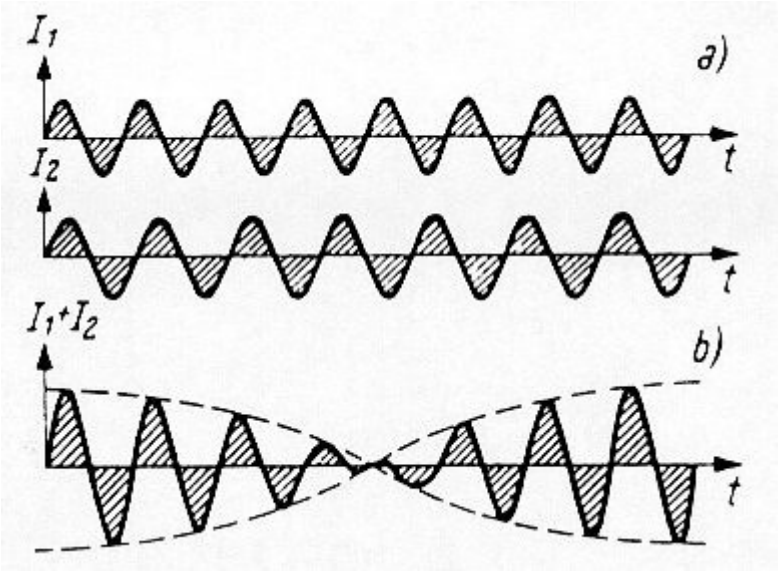
Eine richtige Aussage wäre, daß es eine Pulswiederholrate von 20 Hz hat. Aber die Bezeichnung "20 Hz Signal" oder "extremely low frequency (ELF) signal" sollte nicht verwendet werden, denn nur ein sehr geringer Teil seiner Energie hat eine Frequenz von 20 Hz oder nur unter 1000 Hz."
Interessant ist an dem dargestellten Signal allerdings vor allem, daß es sich um ein spezielles teilweise gleichgerichtetes Signal handelt. Fünf Halbwellen jedes Pulses befinden sich im positiven, aber nur drei Halbwellen im negativen Bereich. Daraus folgt, daß sich die Elektronen und Ionen in seinem Wirkungsbereich in eine bestimmte Richtung bewegen, während sie sich bei einem nicht gleichgerichteten Signal um einen bestimmten Punkt herumbewegen. Bei einem zum Teil oder vollständig gleichgerichteten Hochfrequenzsignal fließt also ein Strom in eine bestimmte Richtung, solange das Signal einwirkt und kann so eine sichere biologische Wirkung haben, wenn Pulsform, Pulslänge, Pulswiederholrate und Stromrichtung den richtigen Wert haben. Dieser Wirkungsmechanismus ist bereits 1921 veröffentlicht worden. Den betreffenden Absatz finden sie in dem in diesem Buch wiedergegebenen Absatz aus „Die Diathermie“.
Solche sorgfältig konstruiert Sondersignale im Radiofrequenzbereich kann man durch schnelle Analog-Digitalwandler herstellen und dann mit Transistoren verstärken bevor sie mit Hilfe von Antennen abgestrahlt werden.
Es könnte sich als schwierig herausstellen mit handelsüblichen Geräten die Folter mit Hilfe von Radiofrequenzstrahlung durch direkte Messungen der Strahlung nachzuweisen, da ein breites Frequenzspektrum und mindestens drei Sonderverfahren zur Verfügung stehen. Selbst die Verwendung von Infrarot oder sogar Röntgenstrahlung kann nicht vollständig ausgeschlossen werden. Für Laser im Infrarotbereich gibt es bereits Phasenschieber, so dass auch hier mit Wellenüberlagerung gearbeitet werden kann.
Mehr Erfolg verspricht ein Ansatz der von der Messung der Spannungen an der Körperoberfläche ausgeht. Messungen dieser Art werden in der Medizin standardmäßig durchgeführt. Insbesondere ist hier an Messungen von EEG (Elektroencephalogram), EKG (Elektrokardiogram) und EMG (Elektromyogram) zu denken. Diese Verfahren sind teilweise sehr empfindlich. Es ist gut vorstellber, dass es mit diesen oder mit Geräten die ähnlich dieser medizinischen Geräte arbeiten, möglich ist, Unregelmäßigkeiten in den natürlichen elektrischen Signalen bei Menschen nachzuweisen, die ihren Ursprung nur außerhalb des Körpers haben können. Allerdings sollten die verwendeten Geräte möglichst einen höheren Frequenzbereich messen können als die medizinischen Geräte, um auch kurze Pulse erfassen zu können. In Frage kommen hier durchaus Oszilloskope mit entsprechend empfindlichen Vorverstärkern. Mit diesen wird dann die Spannung an Elektroden auf der Körperoberfläche gemessen. Falls bei Beschwerden Abweichungen von den natürlichen Spannungsverläufen im Körper messbar sind, ist ein indirekter Nachweis für die Bearbeitung, Folter oder Gehirnwäsche erbracht. Wie einfach solche Verstärker aufgebaut werden können, sieht man in dem Buch „Microspione und Versuche mit Bioelektrizität“ von Günter Wahl, Stuttgart 1977/1980. Geeignet sind auch Operationsverstärker vom Typ LM 318 (ca. 1 Euro) mit denen man sehr empfindliche Verstärker aufbauen kann. Schaltpläne im Internet und in jedem besseren Elektronikbastelbuch. Auch Anfänger sollten in der Lage sein, einen solchen Verstärker selber für 2-3 Euro aufzubauen und an ein Speicheroszilloskop anzuschließen. Elektroden am Körper befeuchten!

Wellenüberlagerung: Einfluß von Frequenz und Phasenlage auf das entstehende Signal

Bei der Beeinflussung des menschlichen Körpers durch Eingriffe in die elektrischen Vorgänge in den Nervenzellen kommt es darauf an, daß die von außen zugeführten elektrischen Spannungen und Ströme ähnlich der natürlichen Signale der Nervenzellen sind, damit sie von diesen als körpereigen interpretiert und damit verstanden werden können. Denn in diesem Falle können sie eine biologische Wirkung hervorrufen. Die Zuführung dieser elektrischen Signale kann direkt, also über Elektroden erfolgen, wie dies bei den verschiedenen elektrischen Therapiegeräten in der Regel geschieht. Auch Elektroschockgeräte wie sie nach einigen Berichten gelegentlich zur Folter eingesetzt werden funktionieren nach diesem Prinzip.

Drahtlos können diese Spannungen und Ströme mit Magnetfeldern, mit elektrischen Feldern und mit elektromagnetischen Feldern hervorgerufen werden. Magnetische und elektrische Felder mit Frequenzen die im Bereich der von Menschen und anderen biologischen Organismen verwendeten Signale des Nervensystems liegen, können diese Signale nur auf sehr geringe Entfernungen übertragen. Dagegen können elektromagnetische Felder im Radiofrequenzbereich auf eine große Entfernung abgestrahlt werden. Wenn diese elektromagnetischen Felder entsprechend moduliert, also in ihrer Stärke ständig verändert werden, so daß in den Zellen durch Gleichrichtung wieder ein für diese Zellen verständliches Signal entsteht, kann die Weiterleitung oder Verarbeitung von Informationen in den Nervenzellen gestört werden.

Auch durch Überlagerung zweier Radiofrequenzsignale kann ein die Zellen beeinflussendes Signal entstehen. In diesem Fall verwendet man zur gleichen Zeit zwei Radiofrequenzsignale deren Frequenz einen geringen Unterschied aufweist. Bei der Überlagerung dieser beiden Signale entsteht ein Signal, das der Differenz der beiden Signale entspricht.

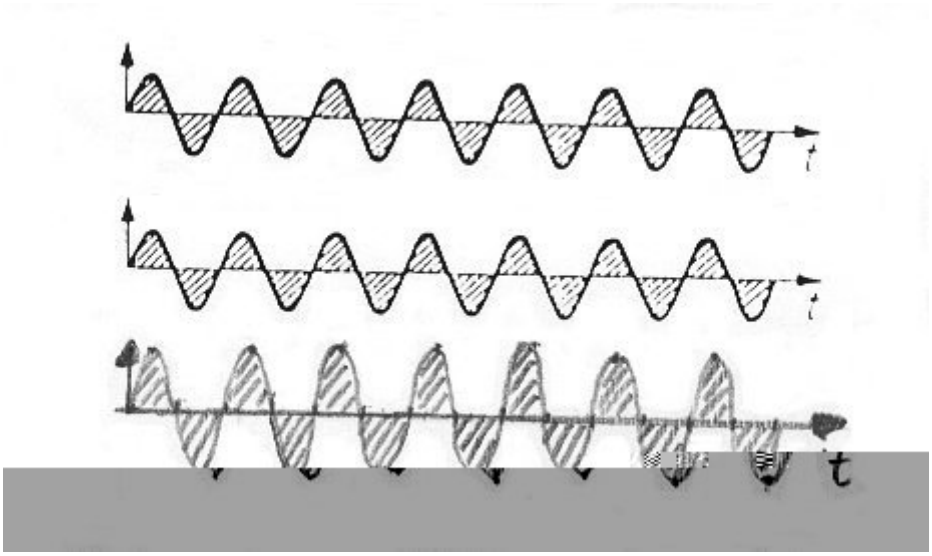


Aus: "Niederfrequente Ströme zur Diagnostik und Therapie" von Hans Jantsch und Felix Schuhfried, 2. Auflage Wien 1981, S. 156

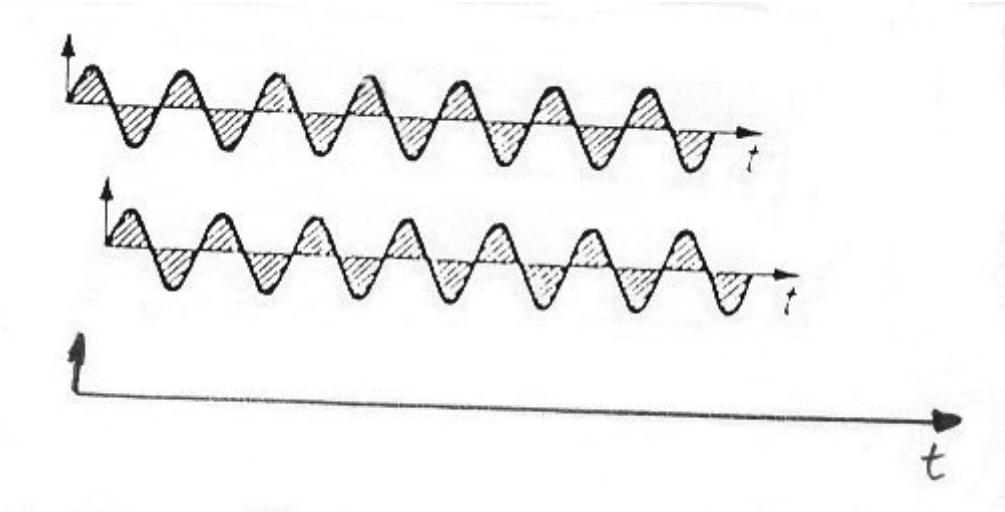
Wenn also zum Beispiel ein Signal mit der Frequenz 100 MHz und ein Signal mit der Frequenz 99 MHz überlagert werden, hat das daraus entstehende Signal eine Frequenz von 1 MHz. Wenn nun die bei der Überlagerung entstehenden elektrischen Signale den natürlichen Signalen der Zellen ähnlich sind, werden die Zellen des Körpers ebenso beeinflusst wie bei direkter Zuführung von elektrischen Signalen über Elektroden. Es werden also bei Überlagerung zwei Hochfrequenzsignale verwendet von dem das eine eine feste Frequenz hat während das andere ständig in seiner Frequenz so verändert wird, daß das sich bei der Überlagerung ergebende Signal den natürlichen Signalen der Zellen ähnelt.

Auch durch die Änderung der Phasenlage der elektromagnetischen Wellen eines der beiden Sender kann bei der Überlagerung ein für die Nervenzelle verständliches Signal entstehen. Der Begriff Phasenlage wird benutzt um zu beschreiben, welcher Abschnitt der Welle, also beispielsweise ein Wellenberg oder ein Wellental sich zu einer bestimmten Zeit an einem bestimmten Ort befindet. Auch hier kommt es beim Aufeinandertreffen zweier Wellenberge oder zweier Wellentäler zu einer Verstärkung, beim Aufeinandertreffen eines Wellenberges und eines Wellentales zu einer gegenseitigen Auslöschung des Signals. Durch mehr oder weniger schnelle Verschiebung der Phasenlage bei einer der beiden sich überlagernden Wellen kann so gezielt ein beliebiges niederfrequentes Signal hervorgerufen werden, das bei entsprechender Form eine biologische Wirkung hat.

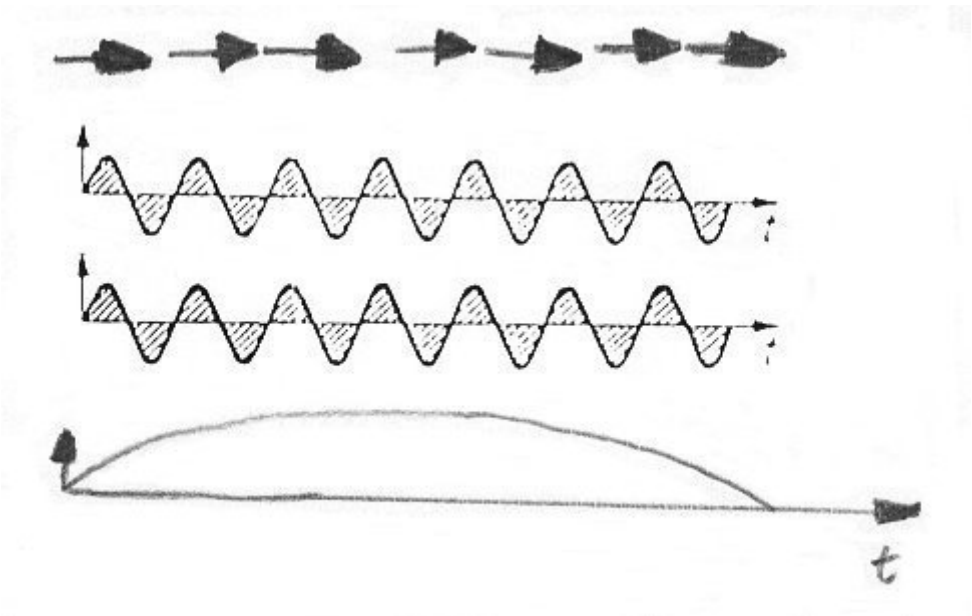
Im Folgenden gehen wir davon aus daß die beiden verwendeten Signale am Ort der Überlagerung jeweils gleich stark sind. Bei gleicher Phasenlage der beiden Radiofrequenzsignale addieren sich die Wellenberge oder die Wellentäler bei der Überlagerung, so daß das entstehende Signal stärker ist. Die ersten beiden Zeichnungen zeigen jeweils die Einzelwellen und die dritte Zeichnung die bei der Überlagerung entstehende Welle.



Wenn die Phasenlage der beiden Radiofrequenzsignale um 180 Grad gegeneinander verschoben ist, also ein Wellenberg jeweils auf ein Wellental trifft, löschen sich die beiden Signale gegenseitig aus.

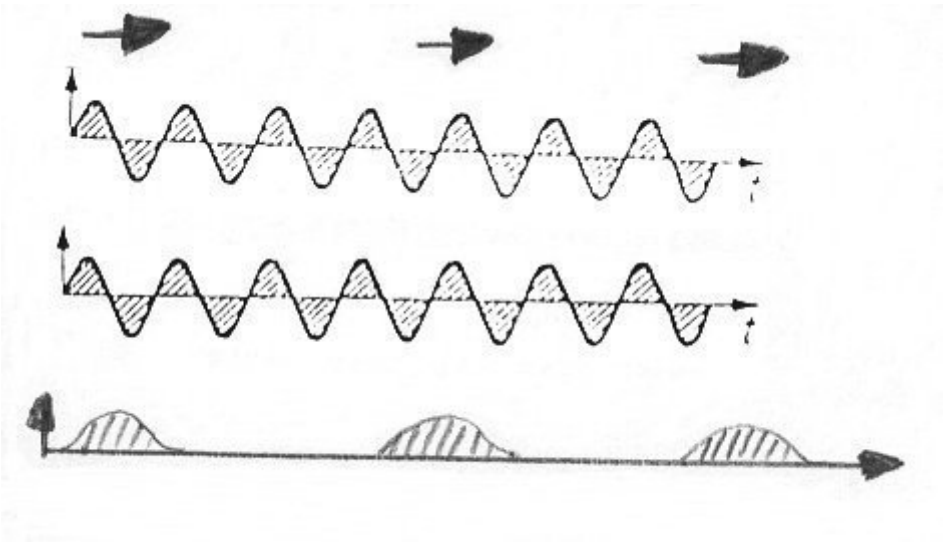


Wenn die Phasenlage des oberen Radiofrequenzsignals langsam gegenüber der Phasenlage des unteren Signals verschoben wird erhält man durch die Überlagerung ein Signal mit einer niedrigeren Frequenz als die der beiden Ausgangssignale. Die Frequenz des erhaltenen Signals hängt von der Geschwindigkeit der Phasenänderung ab.



Die elektrische Ansteuerung einzelner Muskeln und Muskelgruppen durch Stromimpulse wird oft zum Muskeltraining verwendet und solche Geräte werden gelegentlich angeboten. Ebenso lassen sich durch Störung der körpereigenen Nervensignale die Nerven betäuben. Auch solche Geräte werden in der Medizin eingesetzt. Und die Folter durch drahtgebundene Elektroschockgeräte soll in manchen Teilen der Welt üblich sein um die Persönlichkeit von Oppositionellen zu zerstören, während der deutsche Staat und seine Geheimdienste oft auch foltern um die Täter in das System einzubinden und schuldig zu machen. Aus diesem Grund beteiligt der deutsche Staat möglichst viele Personen an seinem System des Terrors, der Gewalt, der Lügen und der Bespitzelung.

Wenn die Phasenlage eines Senders im richtigen Takt mit der richtigen Geschwindigkeit gegenüber der des anderen Senders verschoben wird lassen sich so innerhalb der Reichweite der Sender, also auf relativ große Entfernungen biologische Wirkungen auslösen wie man sie auch durch direkte elektrische Reizung erhält. Dazu werden die Aktionspotentiale der Nerven, also die natürlichen Spannungsverläufe in den Nervenzellen, durch die richtige Phasenverschiebung eines der beiden Signale bei der Überlagerung zweier Hochfrequenzsignale nachgebildet.



Bei der Nachbildung der Nervensignale durch Überlagerung von gegeneinander phasenverschobener Radiofrequenzstrahlung muß berücksichtigt werden, daß die natürliche Steuerung der Nervenzellen in der Regel immer durch eine Folge von Einzelpulsen mit der richtigen Stärke und Pulswiderholfrequenz stattfindet. Typisch sind Pulswiederholfrequenzen von 20 bis 200 Pulsen pro Sekunde, wobei die Abstände zwischen den einzelnen Pulsen nicht immer gleich sind. Verschiedene Zelltypen verwenden verschiedene Pulsfolgen. Rot sind die Aktionspotentiale, Blau die ausgelöste Reaktion dargestellt.

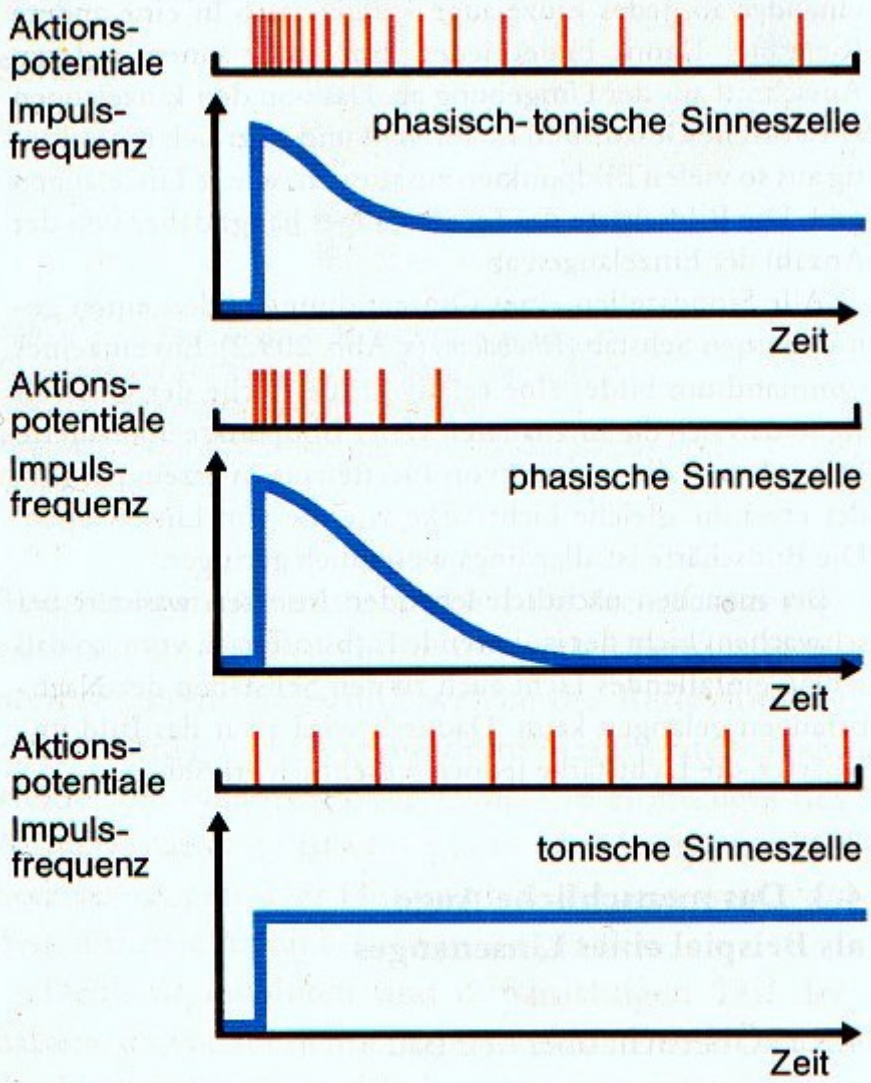


Abb. 207.1: Reaktion verschiedener Sinneszelltypen auf einen konstanten Reiz. Rot einzelne Aktionspotentiale (Erklärung im Text, Beispiele s. Abb. 218.3).

Aus: Linder Biologie Lehrbuch für die Oberstufe, 19. Auflage, Stuttgart 1983, Seite 207

Aus diesem Grund werden auch bei medizinischer Anwendung von Stromimpulsen die Pulwiederholraten variiert. Angewendet werden zum Beispiel folgende Pulsfolgen.

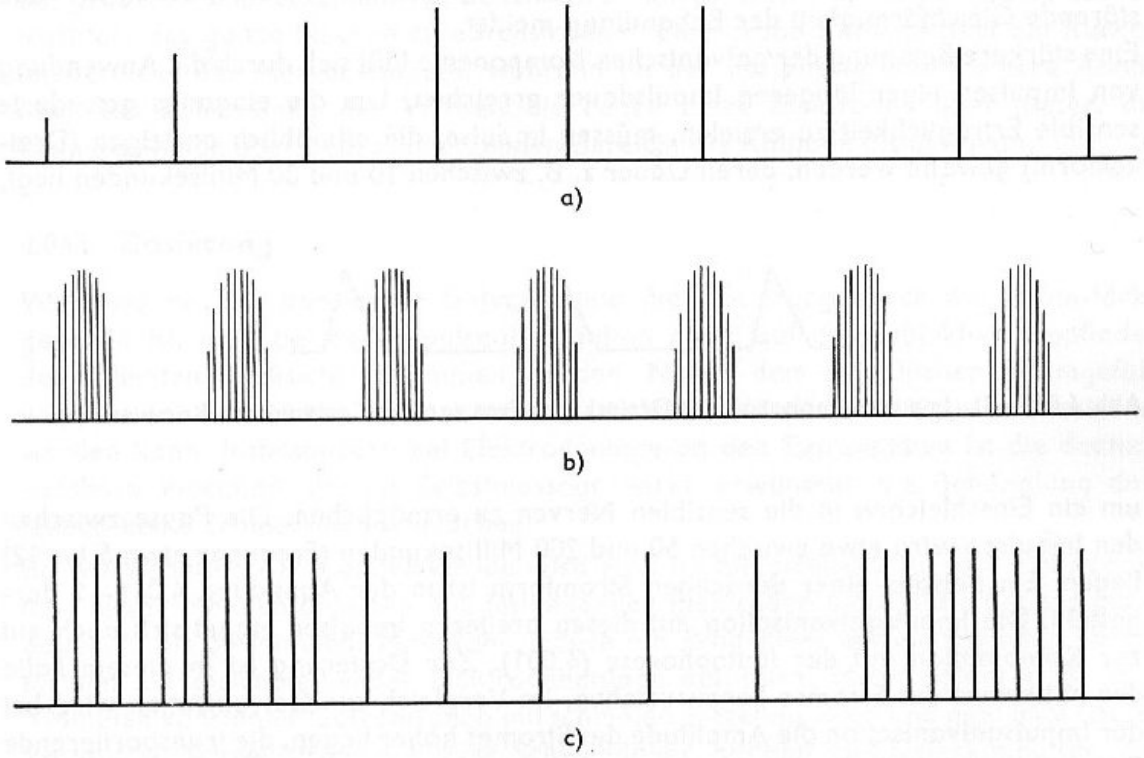


Abb. 4.041—1. Impulsgalvanisation mit schmalen Impulsen (geringe galvanische Komponente):
a) Einzelimpulse im Rhythmus einer Schüttelfrequenz verursachen Vibrationen des Gewebes, Pause z. B. 100 msek., Amplitude moduliert.
b) Jede einzelne Kontraktion wird durch einen Schwellstrom kurzer Schwelldauer ausgelöst.
c) Frequenzmodulierte Impulse verursachen abwechselnd eine tetanische Kontraktion und einzelne Zuckungen.

Aus: Niederfrequente Ströme zur Diagnostik und Therapie, Hans Jantsch und Felix Schuhfried, Wien 1974, Seite 135.

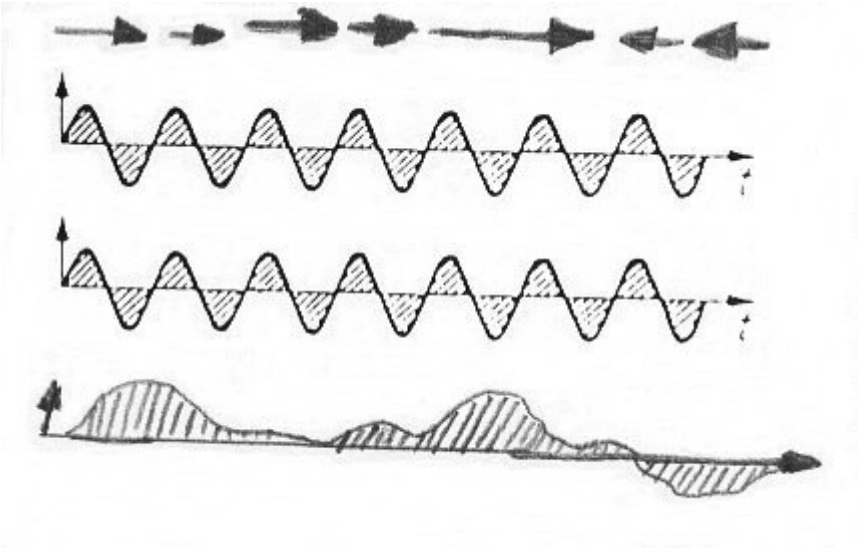
Hierbei werden nach dem Buch "Niederfrequente Ströme zur Diagnostik und Therapie" von Hans Jantsch und Felix Schuhfried, Wien 1974, z.B. Pulslängen im Bereich von 0,5 bis 0,1 Millisekunden verwendet. Die Stromstärken bewegen sich im Bereich von einigen Milliampere und die Spannungen im Bereich unter 100 Volt so daß Pulsspitzenleistungen von einigen wenigen Watt bei Durchschnittsleistungen von einigen Milliwatt angewendet werden. In diesem Bereich bewegen sich folglich auch die Leistungen die nötig sind um durch Wellenüberlagerung und Phasenverschiebung eine Waffenwirkung hervorzurufen. Zur Reizempfindlichkeit von Nervenzellen findet sich eine interessante Aussage im "Linder Biologie Lehrbuch für die Oberstufe",19. Auflage, Stuttgart 1983 auf Seite 207:

"Sinneszellen können sehr geringe Reizschwellen haben. So kann man schon mit Lichtblitzen der Energie 10hoch-17 Wattsekunde in Ganglienzellen der Netzhaut (...) Aktionspotentiale auslösen. Wie winzig diese Energiemenge ist, zeigt folgende Überlegung. Die Welt besteht seit etwa 20 Milliarden Jahren, das sind ca. 6x10hoch17 Sekunden. Hätte eine Energiequelle seit Beginn der Welt laufend eine Leistung von 10hoch-17 Watt erbracht, dann hätte sie bis heute nur 6 Wattsekunden Energie abgegeben. Diese Energiemenge würde aber gerade dazu ausreichen, ein 6 Watt Glühbirnchen 1 Sekunde lang leuchten zu lassen."
Wenn die Muskeln oder die sie steuernden Nervenstränge gezielt so mit Funksignalen bestrahlt werden, daß die richtigen Aktionspotentiale ausgelöst werden, ist die Wirkung, wie bei direkten Elektroschocks, so stark daß durch Muskelkrämpfe Knochenbrüche und Zerreißungen von Körpergewebe und Adern hervorgerufen werden, was wir selber mehrfach erlebt haben.

Durch entsprechende Überlagerung von 2 im richtigen Takt gegeneinander phasenverschobenen Radiofrequenzsignalen lassen sich also beliebige niederfrequente elektrische Signale an den Ort der

Überlagerung transportieren. In diesem Zusammenhang ist es interessant, daß Gehörlosen manchmal die Implantation eines Drahtes mit einer Vielzahl von Elektroden in die Schnecke des Gehörs hilft, wieder zu hören. Mit Hilfe dieser Elektroden werden die Nervenzellen an 20-30 Orten in der Schnecke stimuliert, so daß diese Personen zumindest eingeschränkt hören können. Eine solche elektrische Reizung der Nervenzellen kann, wie wir gesehen haben, auch drahtlos auf größere Entfernung erfolgen. In diesem Falle wäre die Qualität möglicherweise sehr hoch, denn die betroffenen Personen hätten ja ein normales Gehör und die Schnecke würde in ihrer ganzen Länge und nicht nur an einigen wenigen Punkten elektrisch stimuliert. Da aber der Hörvorgang ohne Beteiligung der Ohrmuschel stattfinden würde, könnte die betreffende Person natürlich keine Richtung angeben, aus der die Töne kommen. Und dieses Fehlen einer Richtung, aus der das Gehörte kommt, ist ja gerade charakteristisch für das Radiofrequenzhören.

Auch ein hörbares niederfrequentes Signal kann durch die ständige Verschiebung der Phasenlage eines der beiden Radiofrequenzsignale in Abhängigkeit von den zu übertragenden Tönen bei der Überlagerung der beiden Signale hervorgerufen werden.



Wie allgemein bekannt ist hat es in den Medien immer wieder Berichte über Personen gegeben, die ausgesagt haben, daß sie Stimmen hören, die ihnen Befehle geben. Besonders bekannte Fälle sind der John Lennon Attentäter Mark Chapman sowie Ali Agca der auf den Papst geschossen hat. In einem weiteren Fall berichteten Verurteilte für einen Anschlag auf die Deutsch-Arabische Gesellschaft in Berlin während ihrer Gerichtsverhandlung darüber daß Stimmen in ihre Zellen gesendet wurden. Die Stimmen sollten sie zu Geständnissen über Straftaten zwingen, die sie gar nicht begangen hätten. Bezeichnend ist die Aussage des Richters: Die Zellen seien erfolglos nach Stimmen abgesucht worden. ("Im Namen Allahs und mit geballter Faust", FAZ vom 18.11.1986)

Die vermutlich bedeutende Zahl der Stimmenhörer, seien sie nun beamtete Geheimdienstler, anderweitig getarnte Hauptamtliche oder mehr oder weniger wichtige Spitzel sowie die große Zahl der erpressten und terrorisierten Opfer die sich nicht haben kriminalisieren lassen reden natürlich nicht offen darüber, daß sie "Stimmen hören".

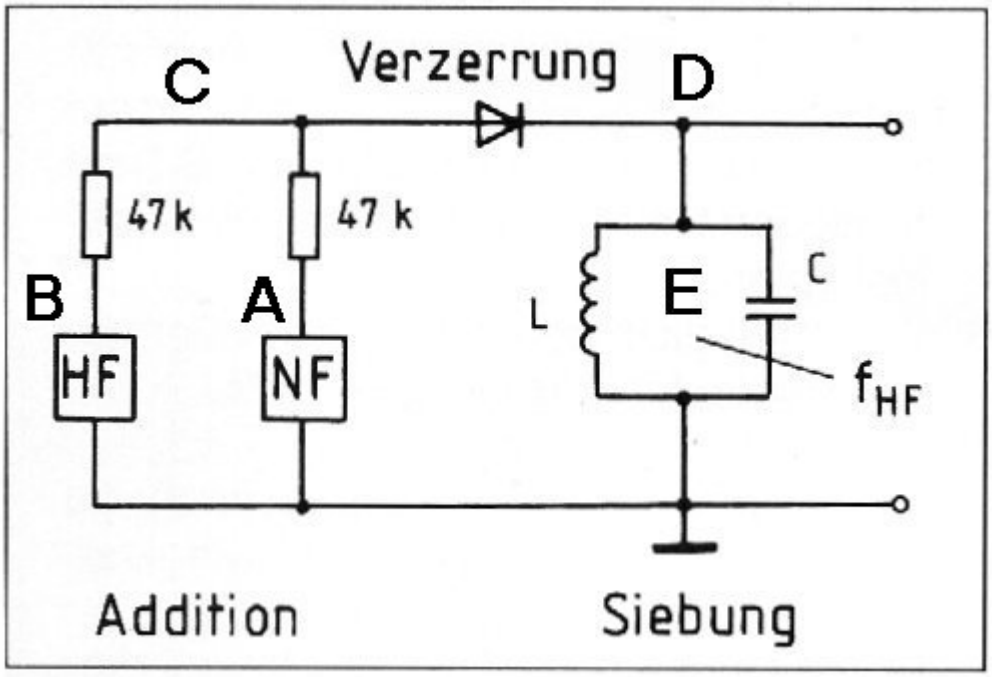
Mit Hilfe dieser Technik ist es wohl auch möglich in den Weg der Signalverarbeitung des Gehörs vom Ohr zum Gehirn einzugreifen. Der vom Ohr aufgenommene Schall wird ja in der Schnecke zuerst in elektrische Impulse umgewandelt die in direktem Zusammenhang mit dem gehörten Schall stehen. Auf dem weiteren Weg in das Gehirn werden diese über mehrere Schritte an die Struktur der Informationsverarbeitung des Gehirns angepasst. Man muß wohl davon ausgehen, daß eine oder mehrere der am Gehör beteiligten Strukturen des Gehirns auf ihrer dem Ohr zugewandten Seite noch elektrische Impulse aufnehmen können, die direkt vom Schall ausgelöst werden, also mit den gehörten Tönen in direktem Zusammenhang stehen, während der Ausgang dieser Strukturen bereits Signale liefert, die mehr oder weniger an die Art der Informationsverarbeitung des Gehirns angepasst, also bereits für das Gehirn verständliche Gedanken sind.

Wenn entlang dieses Weges (siehe auch Alterations in activity at auditory nuclei of the rat induced by exposure to microwave radiation) insbesondere an der Schnittstelle zwischen dem Gehörten und dem Gedachten durch die richtige elektrische Stimulation Einfluß genommen wird, könnte es selbst für Fachleute gelegentlich schwierig sein, einen solchen Versuch der Gehirnwäsche zu erkennen und zu neutralisieren. Eine solche Wahrnehmung ist nicht mehr richtig gehört, aber auch noch nicht selber gedacht. Dabei wird die Informationsverarbeitung im übrigen Nervensystem des Gehirns durch diese Signale nicht gestört, denn diese orientieren sich in ihrer Art an den Signalen vor der Umwandlung in für das Gehirn verständliche Signale. Sie werden vom Gehirn also als Störsignale interpretiert und deshalb ignoriert.

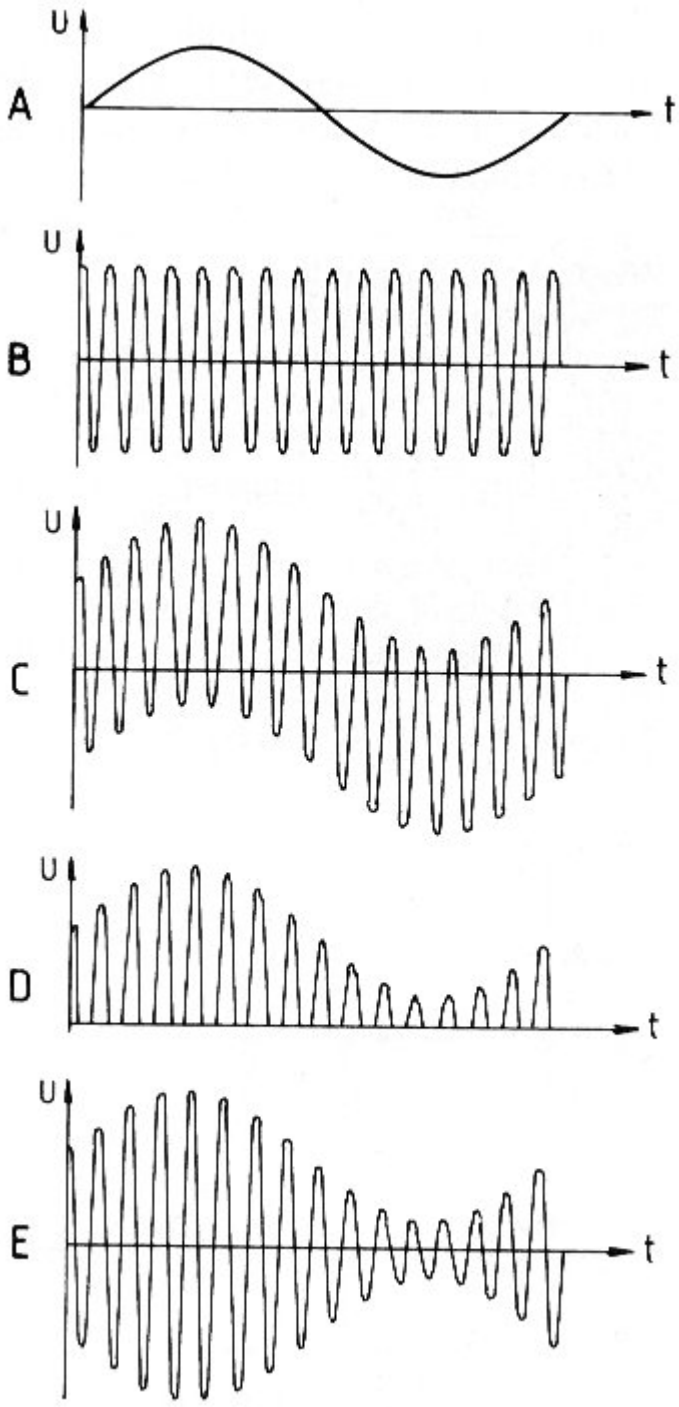
Um zwei phasenverschobene Signale zu erhalten teilt man die Leistung eines Senders auf und strahlt sie über zwei Antennen ab. In die Leitung zu einer der beiden Antennen wird ein Phasenschieber eingefügt, der im einfachsten Fall aus vielen verschieden langen Koaxialkabeln besteht, die abwechselnd in das Antennenkabel eingeschaltet werden. Dadurch verlängert sich die Laufzeit der Welle innerhalb dieses Antennenkabels und damit die Phasenlage gegenüber der anderen Antenne. Auch durch Auseinanderziehen und Ineinanderschieben in ihrer Länge veränderbare Hohlleiter können als Phasenschieber verwendet werden. Es werden auch verschiedene Phasenschieber eingesetzt bei denen die Phasenlage einer elektromagnetischen Welle innerhalb eines Hohlleiters durch Ferritstäbe verschoben wird. Durch Bewegen des Ferritstabes oder durch Magnetfelder kann die Wirkung der Ferritstäbe verstärkt oder verringert werden, so daß eine sehr schnelle und stufenlose Änderung der Phasenlage möglich ist.

Wellenüberlagerung: Einseitenbandmodulation und unterdrückter Träger

Abwandlungen der in der Funktechnik oft verwendeten Einseitenbandmodulation (englisch single side band, SSB) und von Amplitudenmodulation mit unterdrücktem Träger verursachen mit Sicherheit biologische Wirkungen von Radiofrequenzstrahlung wenn die entstehenden niederfrequenten Signale in ihrer Form, Länge, Abstand und Pulwiederholrate den natürlich im Körper vorkommenden entsprechen. Auch hierbei entsteht diese Wirkung durch die Überlagerung von zwei Hochfrequenzsignalen wodurch ein niederfrequentes Signal entsteht. Diese relativ alten und einfachenTechniken dürften vor allem zur Übertragung von Sprache und damit verbunden auch zur Gehirnwäsche einsetzbar sein. Zuerst wollen wir uns ansehen, wie eine Amplitudenmodulation eines Radiofrequenzsignals entsteht. Dazu betrachten wir die folgenden beiden Zeichnungen aus: Eckart K.W. Moltrecht: "Amateurfunklehrgang Funktechnik", Baden Baden 1997, S.15

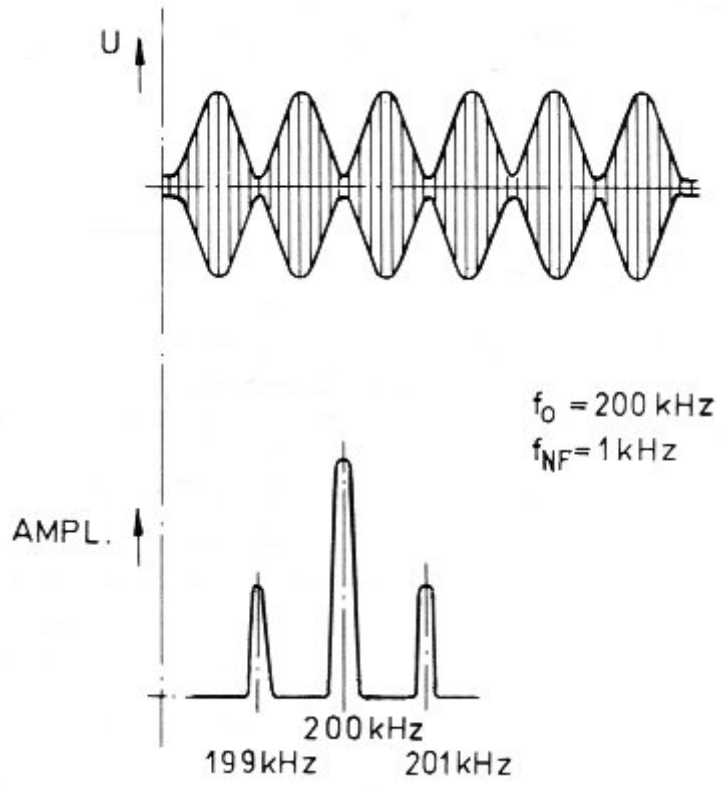


An den mit A bis E bezeichneten Punkten lassen sich folgende Spannungen messen:



A Zeigt das Niederfrequenzsignal, also im Falle eines Funkgerätes die Spannung die das Mikrofon liefert und das zur Modulation der Hochfrequenz verwendet wird. B ist das Hochfrequenzsignal. Am Punkt C hat das aus A und B gemischte Signal die Form C, beide Schwingungen haben sich also überlagert. Die Diode lässt nur den positiven Teil der Schwingung durch so daß sich das Signal D ergibt. In der Schaltung bilden L und C einen Schwingkreis. Durch die Anregung dieses Schwingkreises mit dem Signal D entsteht das amplitudenmodulierte Hochfrequenzsignal E.

Sehen wir nun wie das Frequenzspektrum des entstandenen Hochfrequenzsignals aussieht (Das Bild ist aus "Minispione 3", Seite 42 von Günter Wahl entnommen worden):



Ein Signal mit einer Frequenz von 200 Kilohertz ist mit einem Signal mit der Frequenz 1 Kilohertz amplitudenmoduliert worden (im Bild oben). Bei der Überlagerung zweier unterschiedlicher Frequenzen entstehen immer zwei neue Frequenzen. Die eine dieser Frequenzen entspricht der Addition der beiden Frequenzen, die andere der Subtraktion der beiden Frequenzen. Bei der Amplitudenmodulation eines 200 kHz Trägersignals mit einem 1 kHz Signal erhält man folglich die im Bild zu erkennenden Seitenbänder bei 199 kHz und 201 kHz. In der Mitte ist der ursprüngliche Träger bei 200 kHz zu sehen. Der Frequenzabstand zwischen dem Träger und einem Seitenband enthält die übertragene Information. Es ist ausreichend nur ein einziges Seitenband ohne den Träger zu übertragen. Im Empfänger wird das empfangene Seitenband wieder mit einem Signal, das die gleiche Frequenz hat wie der Träger gemischt, sodaß durch Wellenüberlagerung wieder das ursprüngliche Signal entsteht, in unserem Fall 1 KHz. Das spart Sendeleistung und man benötigt einen nur halb so breiten Frequenzbereich.

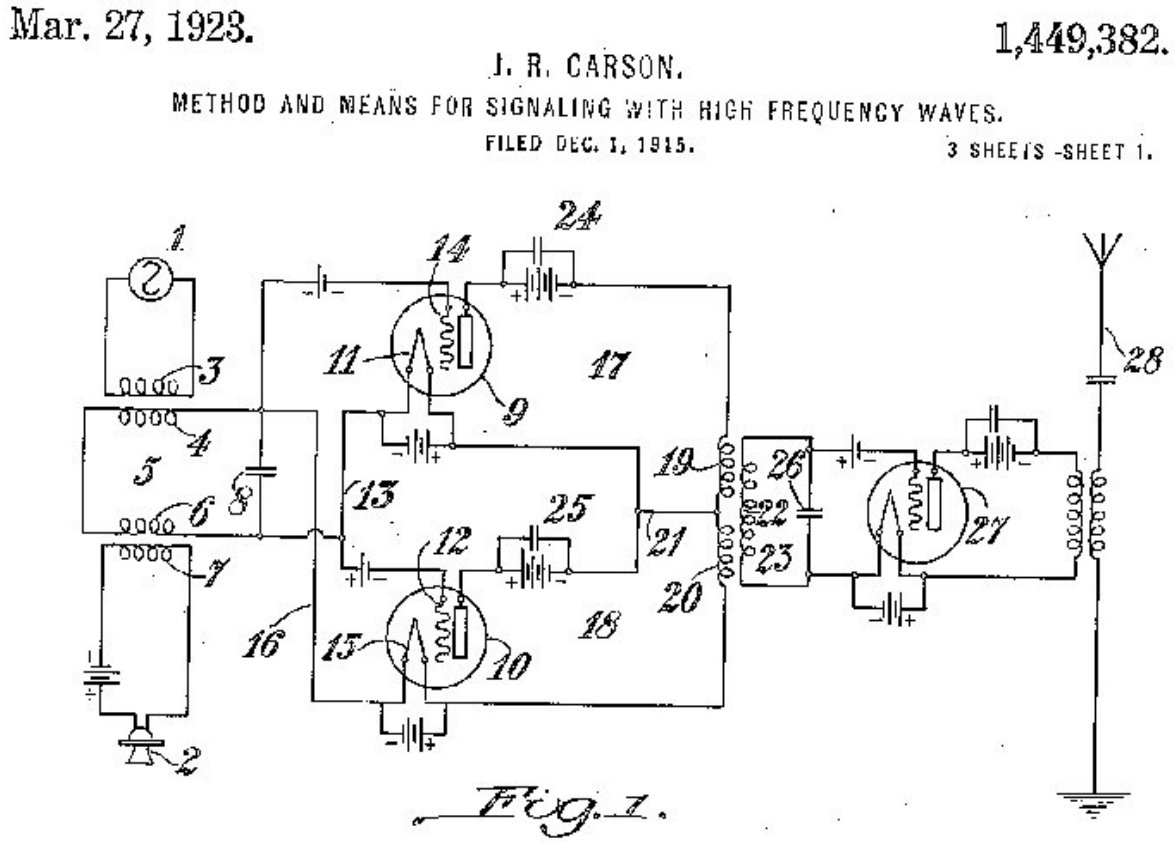
Betrachten wir nun was passiert wenn der Träger unterdrückt wird, was mit relativ einfachen Schaltungen möglich ist. Von der Antenne werden nur die beiden Seitenbänder abgestrahlt. Ein bei der Mischung dieser beiden Hochfrequenzsignale entstehendes Signal fällt von der Frequenz her in den hörbaren Bereich. In Leitern innerhalb des hervorgerufenen elektromagnetischen Feldes, also auch in Nervenzellen, wird ein Strom im Takt der Modulationsspannung erzeugt. Dieser Strom unterscheidet sich aber in seinem Frequenzverlauf von dem ursprünglichen Modulationssignal, denn es entsteht bei der Mischung der beiden Seitenbänder jeweils die doppelte Frequenz des Modulationssignals weil die Frequenzinformation ja in jedem Seitenband vorhanden ist, also bei der Überlagerung auch 2 mal wirksam wird. Ein ursprüngliches 100 Hz Signal hat deshalb 200 Hz, ein 1000 Hz Signal 2000 Hz und ein 10 000 Hz Signal 20 000 Hz. Hohe Frequenzanteile werden also viel höher während niedrige Frequenzanteile sich nur gering erhöhen. Eine menschliche Stimme würde also mehr Quaken als sprechen.

Eine sehr gute Verständlichkeit ergibt sich wenn ein Seitenband unterdrückt und der Träger gemeinsam mit dem verbliebenen Seitenband abgestrahlt wird. In diesem Fall entspricht das durch

Überlagerung entstehende Signal genau dem ursprünglichen Modulationssignal. Zu beachten ist allerdings, daß sich im Nahfeld der Antenne noch keine richtigen Wellenfronten ausgebildet haben. Hier kann es also nicht zu einer gleichmäßigen Wellenüberlagerung kommen. Das Nahfeld erstreckt sich auf eine Entfernung von einer oder mehreren Wellenlängen um die Antenne und kann so im Kurzwellenbereich eine beträchtliche Ausdehnung haben. So beträgt die Wellenlänge bei den CB Funkgeräten (27 MHz) ca. 11 Meter während sie bei 1 GHz nur noch 30 cm beträgt. Auch muß die Stärke des Senders ausreichend sein um in den Nerven Spannungen hervorzurufen die wahrgenommen werden können.

Sehr interessant ist in diesem Zusammenhang daß bereits in der Zeit vor dem 2. Weltkrieg einige Funkamateure Versuche mit der Einseitenbandmodulation und mit unterdrücktem Träger anstellten. Aus diesem Grund kann man wohl davon ausgehen, daß die beschriebenen Zusammenhänge den Fachleuten bereits vor 70 Jahren bekannt waren und diese Techniken möglicherweise auch damals schon angewendet wurden.

Die erste bekannte Veröffentlichung ist das 1915 von John R. Carson eingereichte und 1923 zugeteilte Patent.



Das Patent kann man online beim Patentamt der USA einsehen (http://www.uspto.gov).

Welche Leistung benötigt wird

Welche Leistung wird benötigt um durch Wellenüberlagerung von Radiofrequenzstrahlung oder durch gleichgerichtete Radiofrequenzstrahlung eine biologische Wirkung mit Sicherheit auszulösen?

Eine Abschätzung der benötigten Leistung ermöglichen medizinische Geräte wie sie beispielsweise zum Training von Muskeln verwendet werden. Diese verursachen durch elektrische Pulse von bestimmter Länge, Stärke und Pulsfolge die durch Elektroden auf der Hautoberfläche übertragen werden eine Kontraktion der Muskeln. Diese Geräte haben eine elektrische Leistung in der Größenordnung von 5 Watt, wobei die Pulsspitzenleistung unter Umständen viel höher ist. Wenn also Radiofrequenzstrahlung durch Wellenüberlagerung (siehe „Wellenüberlagerung: Einfluß von Frequenz und Phasenlage auf das entstehende Signal“) oder als gleichgerichtete Hochfrequenz (siehe gleichnamiger Beitrag) Ströme in dieser Größenordnung hervorruft und diese in ihrer Art und Stärke denen der natürlichen Ströme und Spannungen im Körper entsprechen, kommt es mit Sicherheit zu den gleichen biologischen Wirkungen, also beispielsweise zu Muskelkontraktionen. Mit höherer Leistung und Richtantennen kann man auch auf größere Entfernung und durch Mauern und Abschirmungen hindurch eine entsprechende Wirkung erzielen.

Da bei Wellenüberlagerung von Radiofrequenzstrahlung ebenso wie bei gleichgerichteter Radiofrequenzstrahlung praktisch die gesamte Sendeleistung in einen niederfrequenten Strom umgewandelt wird, genügt also eine vom Körper aufgenommene Hochfrequenzleistung in der Größenordnung von einigen Watt um eine biologische Wirkung auszulösen. Wie aus vielen Veröffentlichungen hervorgeht können aber bereits viel geringere Sendeleistungen zu biologischen Wirkungen führen, also zur Folter oder als Waffe verwendet werden. Wer selber Versuche anstellen will kann sich an der hier vorgenommen Abschätzung orientieren.

Die Bedeutung der Resonanzeffekte für die Waffenwirkung der Radiofrequenzstrahlung

Wenn die Größe eines leitfähigen Körpers in einem Radiofrequenzfeld im Verhältnis zur Wellenlänge der Strahlung in einem bestimmten Verhältnis steht, kommt es zu Resonanzeffekten. Dass heißt, der Körper entnimmt dem Hochfrequenzfeld viel mehr Energie, als man auf Grund seiner tatsächlichen Größe annehmen würde:
"*Dieses Phänomen entsteht vor allem dann, wenn sich ein Teil des Körpers aufgrund seiner Abmaße im Verhältnis zur Wellenlänge in Resonanz befindet. Wenn die Abmaße eines Teils eines bestrahlten Objektes vergleichbar ist mit der Wellenlänge (zum Beispiel ein ganzzahliges Vielfaches der Hälfte der Wellenlänge) können dort stehenden Wellen auftreten.*" (Karel Marha, Jan Musil, Hana Tuhá: Electromagnetic Fields and the Life Environment", San Francisco 1971, Seite 30)

Das hat die folgenden Konsequenzen:
"*Die Resonanzfrequenz des menschlichen Kopfes liegt zwischen 400 und 500 MHz während in der Längsachse des Körpers die Resonanzfrequenz und damit die höchste Absorption elektromagnetischer Wellen für geerdete Körper um 35 MHz und für isolierte Körper um 70 MHz liegt. In den Achsen des Körpers von vorne nach hinten und von rechts nach links liegt die Resonanzfrequenz zwischen 135 MHz und 165 MHz. Die vom Körper absorbierte Energiemenge bei einer Bestrahlung mit einer Leistung von 10 Milliwatt pro Quadratzentimeter (der maximal erlaubte Durchschnittswert über 6 Minuten nach den US Grenzwerten für Mikrowellen) zeigt bei Modellen für menschliche und tierische Körper daß die Energieaufnahme bei Resonanzfrequenzen und in der Nähe von leitenden Grundflächen oder Reflektoren stark erhöht sind. Wenn Erdung und Reflektion kombiniert werden, ist die Energieaufnahme erstaunlich hoch. Die Energieaufnahme von Modellen von Menschen bei einer Leistungsdichte von 10 mW / cm2 sagen einen SAR (specific absorption rate) Wert voraus, der 35 bis 70 fach über dem Wert für den Stoffwechselgrundumsatz liegt.*" (W.R. Adey, Tissue interactions with nonionizing electromagnetic Fields (S.455), in: Physiological Reviews, Vol 61, Bethesda, 1981, Seiten 435-514)

"*Für Frequenzen zwischen dem vier- und dem neunfachen der Resonanzfrequenz für die E Konfiguration* (Anmerkung: also das elektrische Feld in der Höhe des Menschen) *gibt es relativ geringe Unterschiede in der Absorptionsrate für alle 3 Polarisationen. Für Menschen entspricht das den Frequenzen zwischen 250 und 550 MHz.*" (Maria A. Stuchly: Health Aspects of Radio Frequency and Microwave Radiation Exposure. Part 1, Ottawa 1977, S.34)

Durch die starke Erhöhung der Energieaufnahme kommt es im Resonanzfall bereits bei einer sehr viel geringeren Stärke des Radiofrequenzfeldes zu den veröffentlichten Wirkungen als bei Frequenzen die außerhalb des Resonanzbereiches des Körpers und seiner Gliedmaßen und Organe liegen. So kann es sogar auf Grund der Erwärmung zu örtlichen Zerstörungen des Gewebes kommen:
"*Weil die Abmaße einiger Teile des Körpers zu Resonanzen der elektromagnetischen Wellen führen können, kann es zu einer örtlichen Verletzung von Organen kommen wie beispielsweise zu einer Nekrose des Darms.*" (Karel Marha, Jan Musil, Hana Tuhá: "Electromagnetic Fields and the Life Environment", San Francisco 1971, Seite 37)

Die Bedeutung der Resonanz für die Wirkung von Radiofrequenzstrahlung ist schon lange bekannt:
"*Wenn die Strahlungen in Resonanz mit dem Körper sind* (Anmerkung des Übersetzers: Also die Wellenlänge in einer Größenordnung liegt in der der menschliche Körper für sie eine Antenne darstellt)*, können sie in geringen Stärken wirken, während man bei größeren Stärken oder längerer Einwirkung mit ihnen eine zerstörerische Wirkung erreichen kann.*" (N. Nrunori, Samuel S. Torrisi (Nach dem Inhalt des Textes heißt der Autor nicht Nrunori sondern Brunori, zitiert wird dieser Text aber unter dem falschen Namen des Autors): Ultra-High-Frequency Electromagnetic Vibrations: Their Effects on Living Organisms In: The American Journal of Physical Therapy, S.102-104, June 1930)

Auch P. Groag und V. Tomberg weisen bereits 1934 in ihrem Aufsatz "Zur biologischen Wirkung kurzer elektrischer Wellen" in der Wiener klinische Wochenschrift, 47, 267, (1934) auf Seite 268 auf diesen Zusammenhang zwischen der Dimension des bestrahlten Objektes und der Wellenlänge des Radiofrequenzfeldes einerseits und der Stärke der Wirkung auf der anderen Seite hin. Weiterhin heißt es bei D.R. Justesen in "Microwaves and behavior", veröffentlicht 1975 in: American Psychologist 30: 391-401:

"*Wenn die Dimensionen des biologischen Körpers und die Wellenlänge der Radiofrequenzstrahlung sich annähern, kommt es zu einer sehr komplizierten Streuung, eine Folge von Tälern und Spitzen der Intensität, und es wird entweder sehr wenig oder sehr viel Energie absorbiert. Maximale Absorption findet bei Resonanz statt und ist auch die Definition für die Resonanz. Bei Resonanz kann die aufgenommene Energie die des den reinen Körper bestrahlende Energie übersteigen. Bei Resonanz kann die effektive elektrische Oberfläche eines verlustbehafteten Ziels niedriger elektrischer Leitfähigkeit um eine Größenordnung größer sein als ihre physikalische Fläche (Anmerkung: das heißt die Schattenfläche).*"

Mit den Folgen der Resonanzen und den im Körper durch Reflektionen der Radiofrequenzstrahlung verursachten stehenden Wellen befaßt sich auch Frank Leary in: "Researching Microwaves Health Hazards", in: Electronics, Februar 1959, S. 49-53 (S.52)
"*Weil der Körper und seine Teile leitend sind kommt es bei kritischen Frequenzen zu Resonanzen so dass sich stehende Wellen bilden. Einige der von Forschern in den Hohlräumen des Körpers und im Knochenmark entdeckten Auswirkungen scheinen durch verstärkte Erwärmung, die durch Resonanz entstehen könnte, hervorgerufen zu werden. In mehr als einem Fall wurden innere Verletzungen durch Mikrowellenstrahlung zweifellos durch Reflektionen an den Fett-Muskel oder Muskel-Knochen Übergängen hervorgerufen, die stehende Wellen in ihrer Nähe verursachten. Eine Reihe von Versuchen mit kleinen Tieren haben teilweisen oder vollständigen Verlust der Kontrolle der Bewegungssteuerung bei vergleichsweise geringer Bestrahlungsstärke hervorgerufen. Sofort nach dem Ende der Bestrahlung ließ die Wirkung nach. Diese Wirkung könnte eine Folge von Resonanz innerhalb des Schädelhohlraumes oder entlang des Rückenmarkes sein, wodurch dort ein Feld entstehen könnte dass stark genug ist um mit den normalen Signalen der Nerven der Bewegungssteuerung zu konkurrieren und diese auszulöschen. Das Übertragungssystem der Nerven könnte dadurch zeitweilig ausgeschaltet werden.*"

Diese Wirkungen waren auch schon dem Italiener Cazzamalli in den 30er Jahren bekannt, dessen Versuche von Tom Jaski nachvollzogen wurden. Veröffentlicht in: Radio-Electronics, September 1960, 43-45 unter dem Titel: Radio waves and Life:
"*Cazzamallis Versuche wurden vorsichtig mit neuen und viel empfindlicheren Geräten nachvollzogen. Anstatt seines "Oszillatori Telegrafica" (vermutlich ein Sender für drahtlose Telegraphie) wurde ein Sender mit niedriger Leistung verwendet. (...) In einem vorangegangenen Experiment zeigte sich in ziemlich beunruhigender Weise, dass keine hohe Leistung nötig ist um eine Wirkung im menschlichen Nervensystem hervorzurufen. Tatsächlich schien es als ob es eine Art von Resonanzfrequenz für jede einzelne Person gibt.*"

Die Unterschiede in der Resonanzfrequenz bei verschiedenen Personen ist eine Folge der geringfügigen Unterschiede in Größe und Form des Körpers, der Organe, des Kopfes und der anderen Glieder. Als Folge der Bedeutung der Resonanzfrequenz kann unter Umständen auch frequenzmodulierte Radiofrequenzstrahlung biologisch wirksam sein. Wenn nämlich der Frequenzwechsel sehr schnell und über einen großen Frequenzbereich durchgeführt wird, nimmt der Körper im Resonanzfrequenzbereich viel mehr Energie auf als im übrigen Frequenzbereich. Dadurch kann sich für den Körper ein pulsförmiger Verlauf der aufgenommenen Energie ergeben. Solche schnellen Frequenzwechsel über einen großen Frequenzbereich kommen vor allem bei Spreizspektrum Systemen vor, wie sie in der Radartechnik und bei abhörsicheren Funkübertragungen verwendet werden.

Nicht nur beim Einsatz von Radiofrequenzwaffen gegen Personen, sondern auch gegen technische Ziele wie zum Beispiel Autos, Computer oder Mobiltelefone und Funkgeräte ist die Resonanzfrequenz der einzelnen Teile eines Gerätes für die Wirkung von Bedeutung:
"*Ray King und seine Mitarbeiter im Lawrence Livermore National Laboratory in Livermore, Kalifornien untersuchen die Einkopplung durch die Hintertür indem sie nicht vollständig geschlossene Gehäuse mit gepulsten und ungepulsten Mikrowellen bestrahlen und die in Drahtstücken innerhalb der Gehäuse hervorgerufenen Signale messen. Das Ausmaß in dem die Mikrowellen sich in die Drähte einkoppeln hängt von der Energiemenge ab, die in das Gehäuse eindringt sowie von der Resonanzcharakteristik.*

Messungen der Einkopplung in Drähte in Gehäusen mit kleinen Öffnungen zeigen starke Resonanzen bei verschiedenen Frequenzen. Die Einkopplung ist am stärksten bei der Resonanzfrequenz der Gehäuseöffnungen, also bei Wellenlängen die der Größe der Gehäuseöffnungen entsprechen. Die Einkopplung verringert sich mit abnehmender Frequenz für Frequenzen unterhalb der Resonanzfrequenz der Öffnungen mit gelegentlichen kleinen Erhöhungen bei den

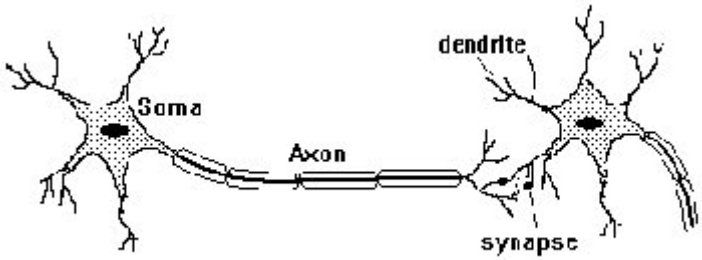
Resonanzfrequenzen der Drähte im Gehäuse. Oberhalb der Resonanzfrequenz der Öffnung zeigt die Einkopplung eine gleichmäßigere Abnahme mit schmalen Resonanzfrequenzen wegen der komplexen elektromagnetischen Verhältnisse des Hohlraumes des Gehäuses." Aus "The Future Battlefield: A Blast of Gigawatts" von H. Keith Florig, in: IEEE Spectrum 25 (3): 50-54 (1988), New York.

Die einzelnen Wirkungen lassen sich oft auch bei anderen Frequenzen als den Resonanzfrequenzen erzielen. In diesen Fällen ist aber in der Regel, wie wir gesehen haben, eine sehr viel größere Sendeleistung erforderlich, was die Tarnung der Anlagen und der Funksignale erschwert und den Energieverbrauch stark erhöht.

Elektrische Wirkung auf die Nerven

Um mit Radiofrequenzstrahlung, also elektromagnetischer Energie Nervenzellen zu reizen ist es notwendig, diese Energie so abzustrahlen, daß sie Spannungen und Ströme verursacht wie sie von den Nervenzellen zur Informationsweiterleitung verwendet werden. Dazu muß man wissen, wie Nervenzellen miteinander kommunizieren.

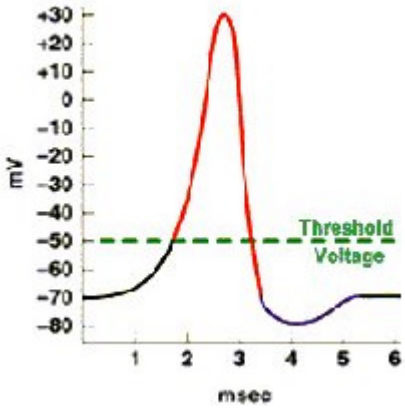
Das folgende Bild zeigt zwei Nervenzellen, die mit einer Nervenfaser, dem Axon, verbunden sind.



Quelle des Bildes: http://www.ii.metu.edu.tr/~ion526/demo/chapter1/section1.1/index.html

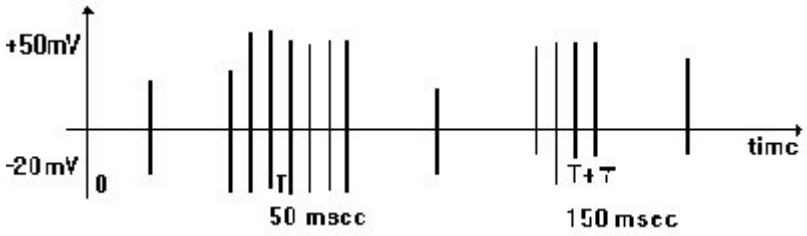
Elektrische Signale laufen als Pulse entlang dem Axon bis zur Synapse. An der Synapse werden Botenstoffe freigesetzt, die die elektrische Information auf chemischem Weg an die nächste Nervenzelle übertragen.

Eine Nervenzelle fängt an Pulsfolgen zu feuern, wenn ihre Spannung über eine bestimmte Schwelle angehoben wird (das innere einer Zelle hat gegenüber ihrer Umgebung einen Spannungsunterschied von ca. - 70 Millivolt). Das folgende Bild zeigt den Verlauf des Spannungszustands, wenn eine Nervenzelle einen Puls feuert (ein Aktionspotential).



Quelle des Bildes: http://www.colorado.edu/epob/epob3730rlynch/samplequestions.html

Die zu übertragenden Informationen werden in den Pulsfolgen kodiert. Die Pulsstärke bleibt in der Regel gleich. Variabel ist jedoch die Anzahl der Pulse in den einzelnen Pulsfolgen, der zeitliche Abstand der Pulse in den Pulsfolgen und der zeitliche Abstand der Pulsfolgen zueinander. Das folgende Bild zeigt 2 Pulsfolgen. In diesem Beispiel folgt die zweite Pulsfolge im Abstand von 100 Millisekunden auf die erste und besteht aus weniger Pulsen.



Quelle des Bildes: http://www.ii.metu.edu.tr/~ion526/demo/chapter1/section1.1/index.html

Die Abstände der Einzelpulse in einer Pulsfolge müssen einen Abstand von mindestens einer Millisekunde zueinander haben, da eine Nervenzelle diese Zeit braucht um nach dem Feuern des Pulses ihren Spannungszustand so zurückzustellen, daß sie den nächsten Puls feuern kann. Konstruiert man Pulsfolgen, sollte der Abstand zwischen einzelnen Pulsen nicht unter 2 Millisekunden liegen.

Soll von außen eine biologische Wirkung durch elektrischen Strom erzielt werden, muß dieser auf die Nerven übertragen werden. Das kann zum einen durch Einwirkung eines entsprechend aufbereiteten elektromagnetischen Hochfrequenzfeldes, eines niederfrequenten elektrischen Feldes oder eines niederfrequenten Magnetfeldes erreicht werden. Diese Felder verursachen einen entsprechenden Strom im Körper. Der Strom kann auch durch Elektroden auf der Haut oder direkt an den Nervenzellen in den Körper eingeleitet werden.

Kaufen kann man Geräte bei denen Elektroden verwendet werden. Die bekanntesten sind die elektrischen Muskeltrainer und Geräte zur Schmerzlinderung (Transkutane elektrische Nervenstimulation, kurz TENS genannt). Die einstellbaren Pulsformen, Pulslängen, Pulsabstände und Pulsfolgen dieser Geräte sind veröffentlicht und geben einen grundsätzlichen Rahmen vor, in dem Pulse von den Nervenzellen verstanden werden.

Folgende Werte sind veröffentlicht:
Pulsdauer: 50 Mikrosekunden bis 1 Sekunde
Interval zwischen den Pulsen: 10 Millisekunden bis 2 Sekunden
Die Pulsfrequenz kann zwischen 20 und 150 Pulsen pro Sekunde liegen (20-150 Hz)

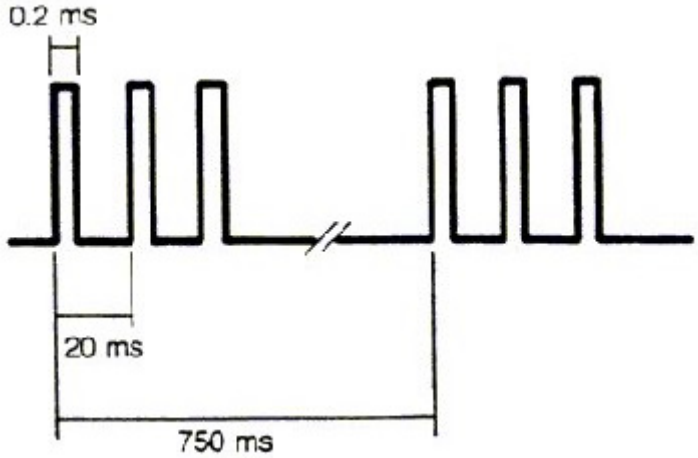
Im Internet finden sich viele Geräte mit Beschreibung der Pulsarten, z.B. bei Debmar Distributing Inc. (http://www.debmar.com/) .

Ein Nerv kann maximal 1000 Pulse pro Sekunde feuern.

Je kürzer der Puls ist, desto höher ist die Spannung die nötig ist um die Nerven zu beeinflussen. Verwendet werden zum Beispiel Pulse von 2 Millisekunden Dauer bei einem Pulszwischenraum von 5 Millisekunden.

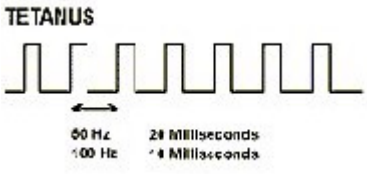
Manche Betriebsarten varriieren die Pulsdauer über einen gegebenen Zeitraum (Modulationsmodus). Bei einem Gerät nimmt die Pulsdauer gleichmäßig über einen Zeitraum von 1,5 Sekunden ab, bis sie nur noch 55% der Ausgangspulsdauer beträgt. Die kurze Pulsdauer wird für 2 Sekunden beibehalten und dann über einen Zeitraum von 1,5 Sekunden wieder gleichmäßig verlängert bis sie dem Ausgangswert entspricht. Diese Schleife von 5 Sekunden wird dann wiederholt.

Ein Beispiel für verwendbare Pulsfolgen zeigt das folgende Bild:



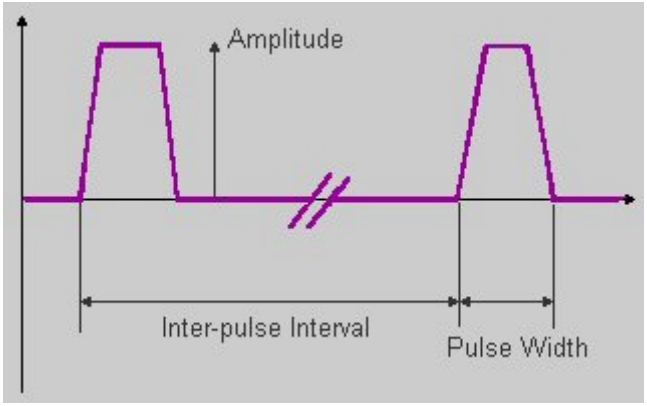
Quelle des Bildes: http://www.life-tech.com/pns/fr_index.html?/pns/pnscu.html

Um einen Muskelkrampf zu verursachen, kann man folgende Pulsfolge verwenden. (Pulsabstand bei 50 Hz ist 20 Millisekunden und bei 100 HZ 10 Millisekunden)



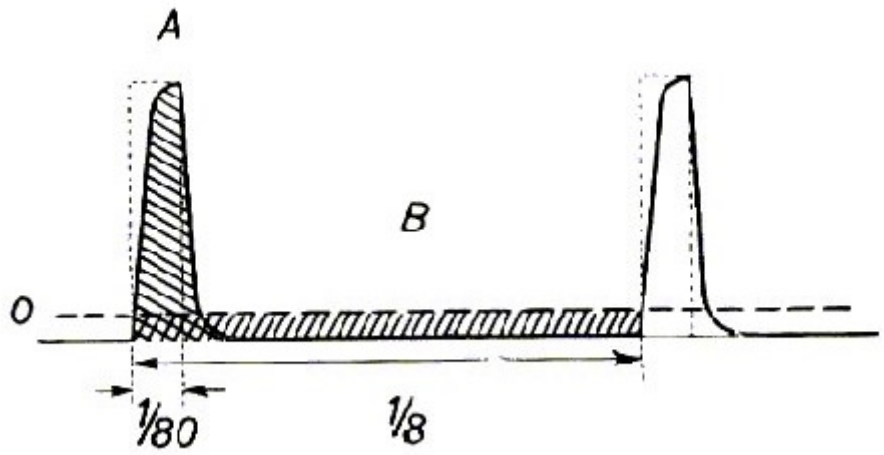
Quelle des Bildes: http://www.fphcare.com/or/nervestims6.asp

Verwendet werden entweder Rechteckpulse (oben im Bild) oder Dreieckpulse.



Dreieckpulse (Quelle des Bildes: http://www.surrey.ac.uk/MME/Research/BioMed/de_page/fes_intr/fes_wave.html)

Das folgende Bild zeigt Pulse, die einen negativen Anteil haben. Die Spannung in einem Nerv ändert sich, indem die Ionen in eine Richtung gezogen werden, in diesem Fall durch den Puls. Durch den negativen Anteil werden die Ionen nach dem Puls wieder in die entgegengesetzte Richtung gezogen und die Spannung wird auf den Ausgangswert zurückgestellt. Die Pulslänge beträgt 12,5 Millisekunden. Der Abstand zwischen den Pulsen ist so berechnet, daß die Energie des positiven Anteils (A) gleich der Energie des negativen Anteils (B) ist.



Quelle: "Electrical Stimulation of the brain", Daniel E. Sheer, University of Texas Press, Austin 1961; Seite 289

Es gibt verschiedene Arten, wie abgestrahlte Hochfrequenz eine biologische Wirkung erzielt. Seit 1941 ist bekannt, daß eine Gleichrichtung an der Zellmembran stattfindet, der Strom dann also nur in eine Richtung fließt. (siehe “Electrical Rectification in Single Nerve Fibers”). Welche Stromstärken durch die Gleichrichtung in den Nerven entstehen können, wird in dem Beitrag „Reception of microwaves by the brain“ berechnet.

Um mit noch geringerer Sendeleistung eine Wirkung zu erzielen kann das Hochfrequenzfeld gleichgerichtet abgestrahlt werden. Wie das gemacht wird, wird in „Gleichgerichtete Hochfrequenz“ und „Abstrahlung eines gleichgerichteten Radiofrequenzfeldes“ beschrieben.

Einen niederfrequenten Strom kann man im Körper auch durch „Wellenüberlagerung“ (siehe gleichnamiger Beitrag) hervorrufen. Dabei werden 2 gleiche Hochfrequenzsignale so abgestrahlt, daß sie sich überlagern. Die Phasenlage der beiden Signale wird kontinuierlich gegeneinander verschoben. Dadurch entsteht am Ort der Überlagerung der beiden Signale ein niederfrequentes Signal.

Ein ähnliches Verfahren beruht auf der Abstrahlung eines doppelseitenbandmodulierten Hochfrequenzsignals. Möglich ist auch die Verwendung eines einseitenbandmodulierten Hochfrequenzsignals mit abgestrahltem Träger. (siehe Beitrag „Wellenüberlagerung: Einseitenbandmodulation und unterdrückter Träger“)

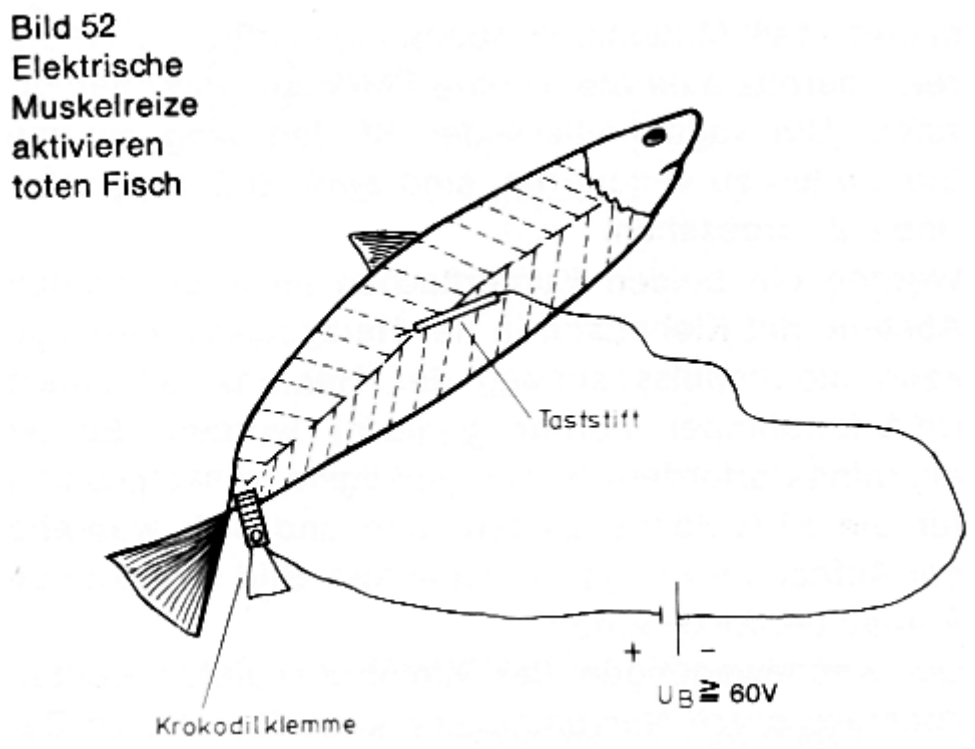
Die Foltergeräte der Geheimdienste arbeiten sicherlich überwiegend mit gleichgerichteter Hochfrequenz. Dieses Verfahren ist wohl auch das älteste. Es läßt sich mit der Technik die vor der Einführung von Röhrensendern verwendet wurde realisieren während die anderen Verfahren technisch anspruchsvoller sind.

Von Bedeutung ist auch die Resonanzfrequenz (siehe „Die Bedeutung der Resonanzeffekte für die Waffenwirkung der Radiofrequenzstrahlung“) der bestrahlten Körperteile sowie der Nerven mit ihren Axonen. Die Länge der Nerven bewegt sich in einem Bereich von 1 Millimeter bis zu 1 Meter. Eine Wellenlänge von 1 Millimeter entspricht 30 GHz und eine Wellenlänge von 1 Meter 300 MHz. Eine Resonanzwirkung tritt noch auf wenn die Antenne (hier der Nerv) eine Länge von einem Zehntel der Wellenlänge hat. Typische Antennen in der Funktechnik haben eine Länge von einem Viertel oder der Hälfte der Wellenlänge.

Um Pulse zu konstruieren verwendet man in der Regel Funktionsgeneratoren. Interessant sind Funktionsgeneratoren mit denen man auf einer grafischen Oberfläche jeden beliebigen Puls zeichnen kann. Eine Soundkarte kann ebenfalls als Funktionsgenerator verwendet werden. Auch mechanisch können Sender gepulst werden, zum Beispiel mit einer Unterbrecherscheibe (eine solche Kontaktscheibe ist in Abstrahlung eines gleichgerichteten Radiofrequenzfeldes beschrieben). Eine weitere Möglichkeit besteht im Aufbau einer kleinen Schaltung die Pulssignale liefert.

Messung von elektrischen Spannungen im Körper zum Nachweis der Folter durch Radiofrequenzstrahlung

Die folgenden Angaben und Schaltungsvorschläge haben wir dem Buch „Microspione und Versuche mit Bioelektrizität“ von Günter Wahl entnommen, das 1977 in Stuttgart erschienen ist.
Auf Seite 55 finden wir zuerst einen Versuch mit dem die elektrische Steuerung von Muskeln bei einem Fisch anschaulich gezeigt wird:
Vorab muß vor Augen geführt werden, dass im Körper eines Menschen oder Tieres sämtliche Bewegungsabläufe und Denkvorgänge elektrisch gesteuert und geregelt werden. Demonstrieren lässt sich dies auf einfache Weise mit Hilfe eines frisch getöteten Fisches, der vor seinem Weg in die Bratpfanne noch für einige Versuche herhalten muß.
Nachdem der Fisch entsprechend Bild 52 in zwei Hälften geteilt worden ist, wird ein Pol einer Gleich- oder Wechselspannungsquelle mit einer Krokodilklemme am Schwanz des Fisches befestigt. Mit dem anderen Pol der Spannungsquelle wird die gesamte Innenfläche des Fisches abgetastet. Mit einiger Sorgfalt lassen sich nun Punkte finden, bei denen die verschiedensten Bewegungsabläufe des toten Fisches nochmals in Aktion gesetzt werden können. Durch elektrische Reize, die vorher normalerweise vom Gehirn kamen, ist man also in der Lage, beispielsweise Schwanz- und Flossenbewegungen künstlich auszulösen.



Da drängt sich die Erkenntnis auf, dass bei diesen relativ hohen Spannungen die zur Steuerung der Muskeln eines toten Fisches notwendig ist, die Folter mit Radiofrequenzstrahlung und ähnlichen Techniken durch Spannungsmessungen im Körper oder an der Körperoberfläche nachweisbar ist. Signale die sich in ihrer Form oder Stärke von den natürlicherweise im Körper vorkommenden Unterscheiden, deuten auf eine Ursache hin, die außerhalb des Körpers liegt. Insbesondere dann, wenn die üblicherweise an der Weiterleitung von Steuersignalen beteiligten Nervenstränge in diesem Fall nicht betroffen sind, die elektrischen Spannungen also nur örtlich, nicht aber in den Nervensträngen messbar sind. Interessant ist die Fragestellung, ob sich auch Gehirnwäsche mit technischen Mitteln sowie die Übertragung von Geräuschen und Stimmen in den Kopf der Folteropfer durch Messungen an der Kopfoberfläche relativ leicht nachweisen lässt. Sicher ist jedenfalls, dass das Gehirn nicht in der Lage ist, selber elektrische Signale hervorzurufen, die die Charakteristik von menschlichen Stimmen haben. Denn die Stimme wie wir sie hören entsteht ja nicht durch das Denken im Gehirn, sondern im Kehlkopf sowie durch die Bewegungen von Mund, Zunge und Lippen. Und

diese Teile des Kopfes werden durch die Muskeln gesteuert. Wenn sich also durch Elektroden an der Kopfhaut Signale messen lassen, die der menschlichen Sprache ähneln oder gleichen, beziehungsweise bei Verstärkung und dem Anhören mit einem Lautsprecher diese Signale als Sprache hörbar werden, sind diese Signale keinesfalls natürlichen Ursprungs. Vor allem dann nicht, wenn die betreffende Person über „Stimmenhören“ oder Gehirnwäsche klagt. Stimmen hören sowie Gehirnwäsche sollte sich am einfachsten in der Nähe der Ohren nachweisen lassen. Auch die Fremdsteuerung von Muskeln ohne die Beteiligung des Gehirns oder der an der Weiterleitung der Steuerimpulse üblicherweise beteiligten Nervenstränge sollte durch Messungen dieser Art nachweisbar sein. Der Vorteil bei diesem Messverfahren liegt darin, dass es nicht darauf ankommt, mit welcher der an anderer Stelle in diesem Buch beschriebenen Sondertechniken die zur Folter verwendeten elektrischen Impulse im Körper hervorgerufen werden. Es werden nämlich nur die durch Radiofrequenzstrahlung verursachten Spannungen und Ströme im Körper gemessen, die dann die Wirkung haben. Es muß natürlich hierbei unterschieden werden zwischen natürlichen und künstlich hervorgerufenen Spannungen und Strömen.
Sehen wir uns nun die Schaltungsvorschläge zur Messung von Körperströmen und Spannungen in dem oben genannten Buch an.
Auf Seite 57 finden wir die Schaltung einer EKG Sonde, die das EKG Signal an der Körperoberfläche abnimmt und drahtlos überträgt (Bild 53).

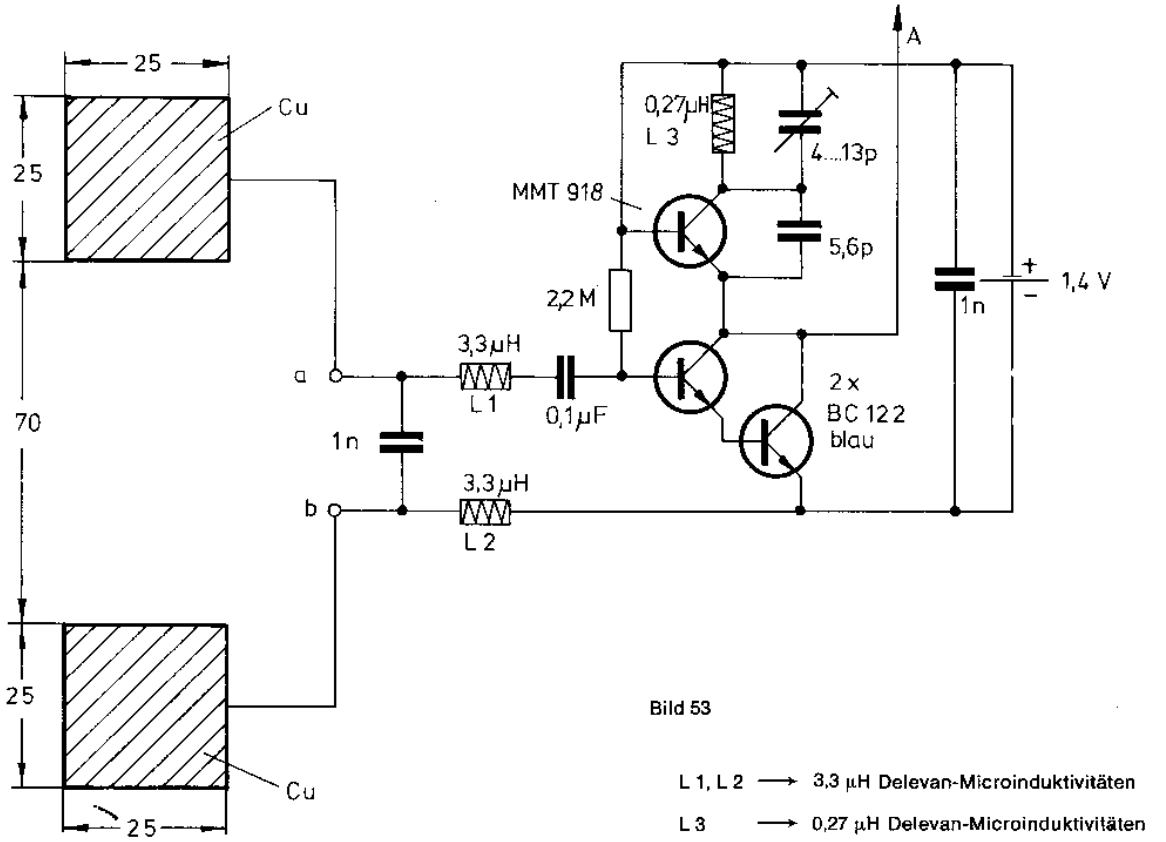
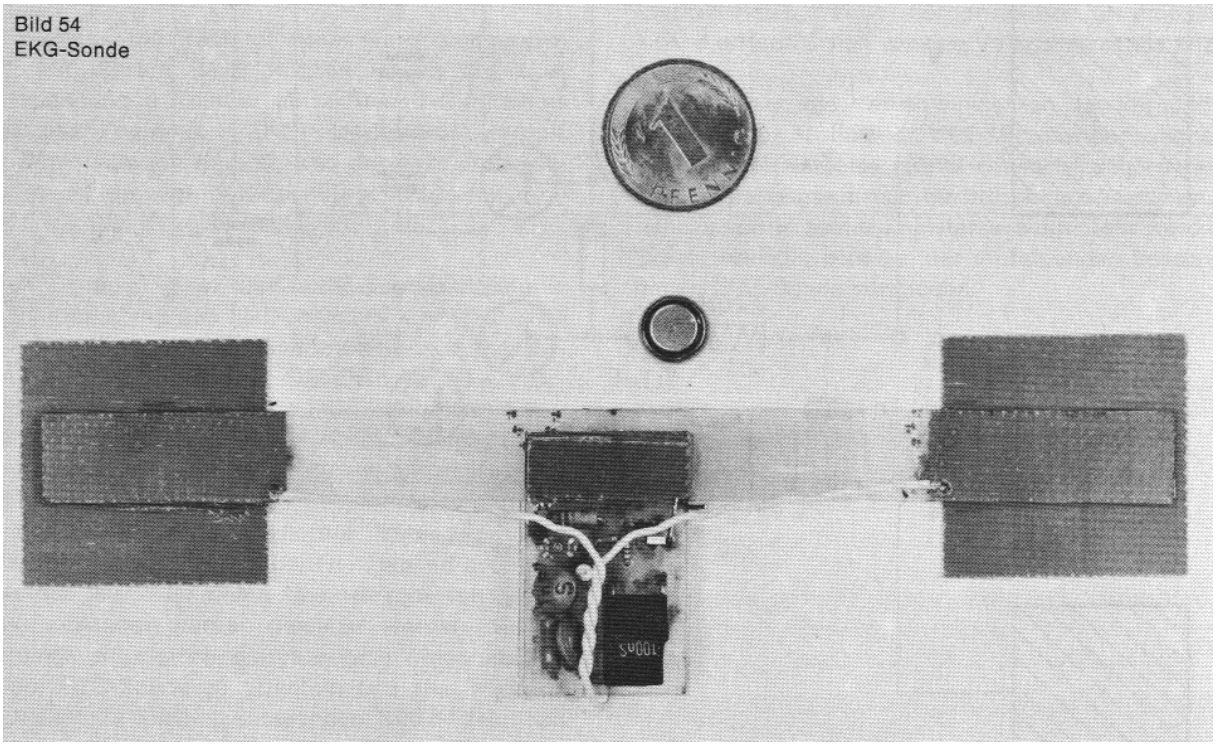


Bild 53

Wie man erkennt, ist der Aufbau der Schaltung überaus einfach. Allerdings dürfte es schwierig sein, die Transistoren BC 122 blau zu beschaffen. Der MMT 918 ist ein 2N918 in einem anderen Gehäuse.
Im Text zu dieser Schaltung heißt es:
Durch Einfügen einer Darlington-Transistorstufe in die Emitterleitung des Hf-Transistors wird eine ultrahohe FM-Modulationsempfindlichkeit erzielt. Dies bedeutet dass Modulationsspannungen im 100 Mikrovoltbereich bereits eine brauchbare FM-Modulation hervorrufen. Um vagabundierender Hf den Weg zu den Elektroden zu versperren, sind zwei Hf-Drosseln L 1 und L 2 vorgesehen.
Werden die beiden Kupferflächen im angegebenen Abstand mit Klebeband in der Herzgegend befestigt, kann die Impulsspannung des Herzens mit einem UKW-Empfänger hörbar gemacht werden. Es ist allerdings erforderlich, die günstigste Winkelposition für die EKG-Sonde zu ermitteln und sich während der Aufnahme völlig zu entspannen. Bild 54 zeigt den Aufbau der EKG Sonde.

Die Kaubewegungen der Kiefermuskulatur werden ebenfalls durch Nervenimpulse ausgelöst. Durch Befestigung der Sonde an der Stirn lassen sich die elektrischen Reize drahtlos hörbar machen. Es empfiehlt sich, die Hautflächen vor den Versuchen etwas anzufeuchten.
Während sich die Nervenimpulse an der Stirnfläche sehr gut zur Modulation des Microsenders eignen, sind die Herzimpulse relativ schwach zu hören und das Empfangsgerät muß für brauchbare Wiedergabe nahezu voll in seiner Lautstärke aufgedreht werden.



In dem Buch Microspione wird auf Seite 59ff. noch eine weitere EKG Sonde beschrieben, bei der das gemessene Signal mit einem Operationsverstärker verstärkt wird und dann mit einem tonmodulierten Sender abgestrahlt wird. Durch die Tonmodulation des Senders ist dieser im Empfänger besser aus dem Rauschen herauszuhören, aber für unsere Zwecke wo es unter Umständen auf die genaue Messung der Pulsform ankommt, weniger geeignet. Trotzdem geben wir auch diese Schaltung wieder (Bilder 55 und 56).
Im Text zu dieser EKG-Sonde heißt es:
Die Herzimpulse werden in gleicher Weise am linken Brustkorb mittels Elektroden abgenommen. Entsprechend Bild 55 führt anschließend eine Zuleitung auf einen Operationsverstärker, der die Herzimpulse so weit verstärkt, dass sich damit ein Transistor durchschalten lässt. Im Rhythmus der Herzimpulse schaltet dieser Transistor einen Micro-Tongenerator ein und aus, welcher wiederum einen UKW-Micro-Oszillator frequenzmoduliert. Ein einwandfreies Arbeiten der Sonde wird nur bei sorgfältiger Einstellung des 100 Kiloohm Offset Trimmers R erreicht.

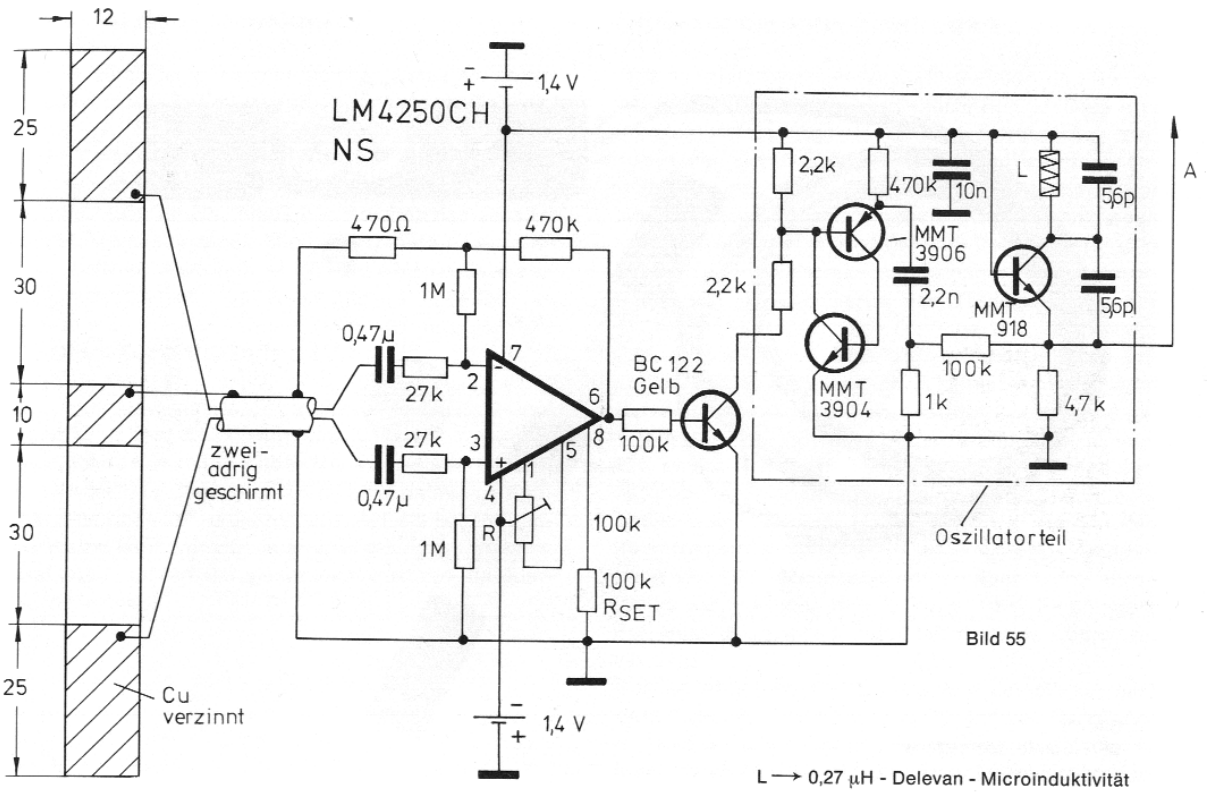


Bild 55

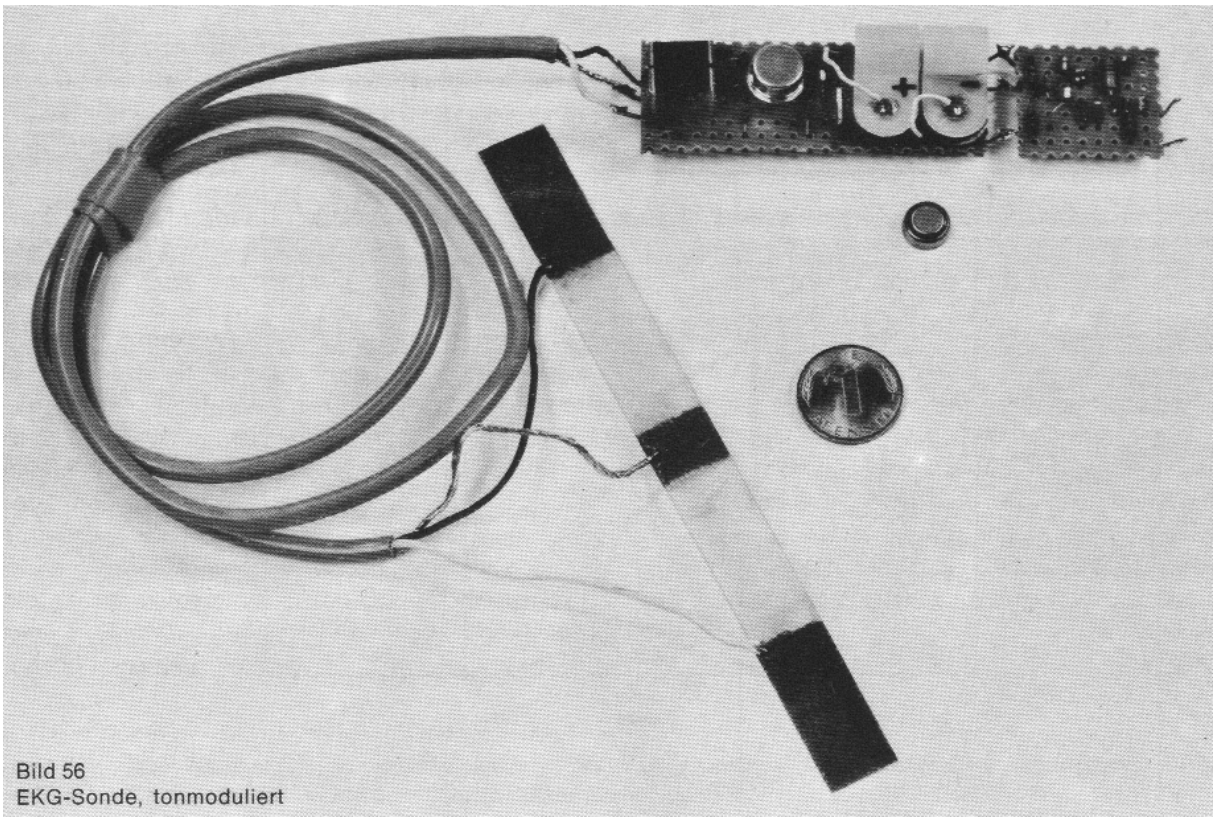


Bild 56
EKG-Sonde, tonmoduliert

Auch Gehirnwellen lassen sich mit relativ einfachen Mitteln nachweisen. In der Medizin werden zum Messen der Gehirnwellen Elektroencephalographen verwendet mit denen das Elektroencephalogramm (EEG) aufgezeichnet wird. Dazu aus Microspione, S.67ff.:

In Bild 63 findet sich ein Blockschaltbild eines Versuchsaufbaus, das die experimentelle Verfahrensweise zum Nachweis von Gehirnwellen offenbart. Wie aus Bild 63 ersichtlich, werden die Gehirnwellen mit zwei Elektroden, von denen eine am Hinterkopf und die andere am Ohrläppchen befestigt ist, abgegriffen. Der Ausdruck Gehirnwellen ist dabei nicht ganzwörtlich zu nehmen, da es sich nicht um elektromagnetische Wellen handelt, sondern um Wechselspannungen in der Größenordnung von 5-50 Mikrovolt (Millionstel Volt) in einem Frequenzbereich von 1- 50 Hz, die an der Kopfhaut abgenommen werden können. Die Bezeichnung „Gehirnwellen" ist vermutlich von dem wellenförmigen Verlauf der Wechselspannungen auf den Diagrammen abgeleitet worden.
Das niederfrequente Wechselspannungssignal wird entsprechend Bild 63 zunächst auf einen rauscharmen Vorverstärker geführt. Anschließend wird es von einem selektiven Verstärker gefiltert und hoch verstärkt. Mit dem Ausgangssignal des Filters wird schließlich ein Tongenerator in seiner Frequenz moduliert. (Anmerkung: Wegen des frequenzselektiven Verstärkers ist diese Schaltung möglicherweise nicht so gut geeignet um Folter nachzuweisen, außer eben Schlafentzug. Das liegt daran, dass dieser Verstärker möglicherweise hohe Frequenzen, also auch kurze Pulse nicht ausreichend verstärkt. Dazu unten weitere Verstärkerschaltungen. M.B.)
Das FM-modulierte Tonsignal führt auf einen Ohrhörer(...).

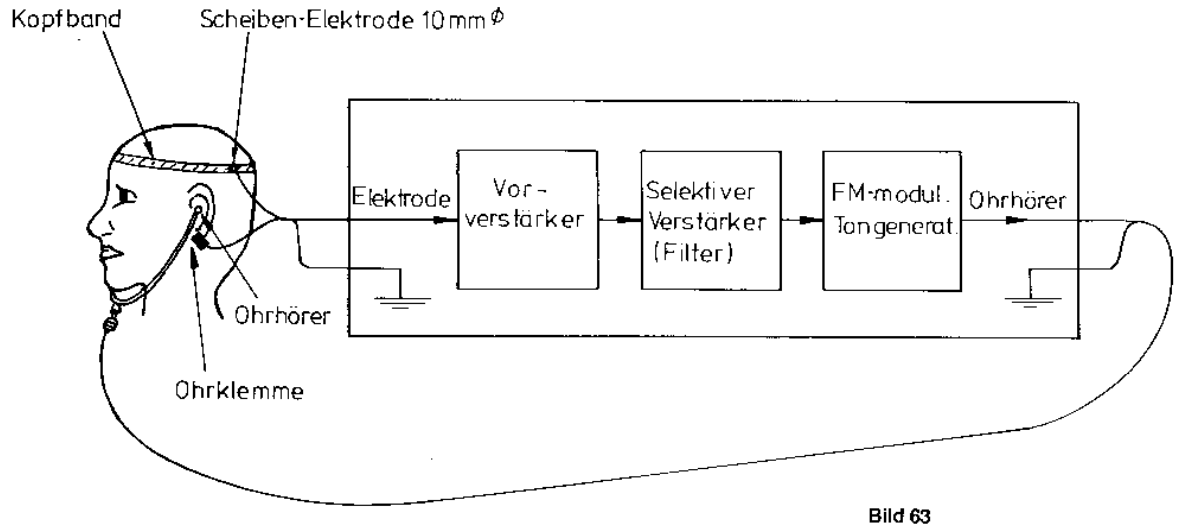
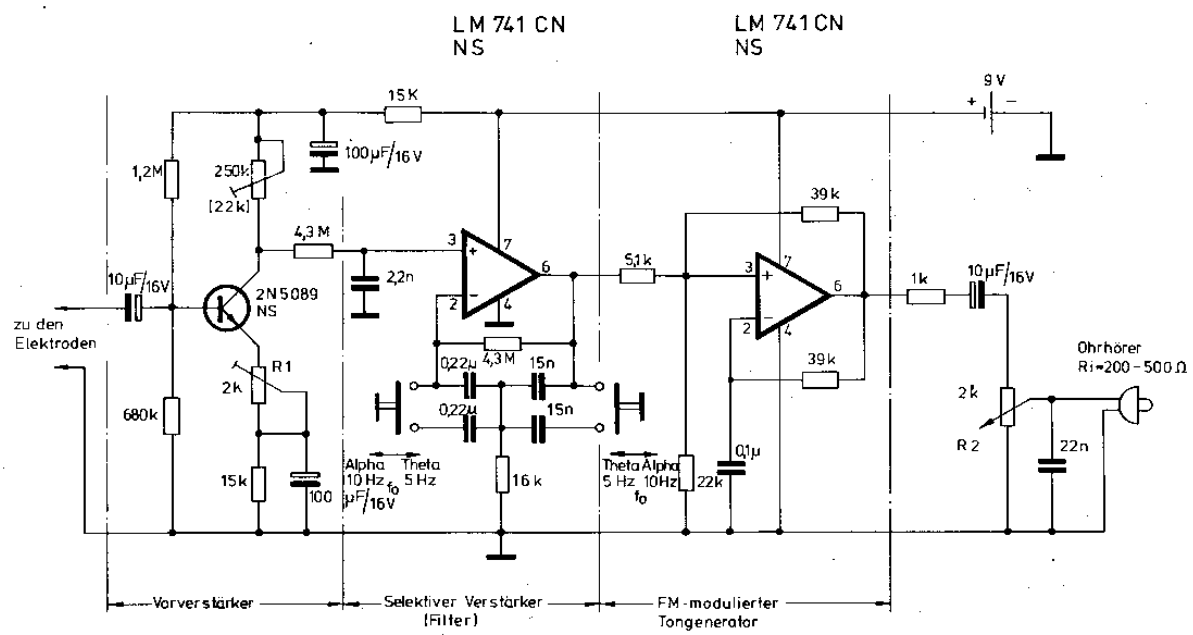


Bild 63



Max. Empfindlichkeit = 5 µV an 10 kΩ
R 1 = Empfindlichkeit
R 2 = Lautstärke

Bild 64

Toleranz der Filterkondensatoren ± 5%

Wie aus Bild 64 zu ersehen, ist zum Nachweis der Gehirnwellen bzw. Gehirnströme nur ein bescheidener elektronischer Aufwand erforderlich. Statt auf einen Ohrhörer kann der Ausgang der Schaltung natürlich auch auf den Modulationseingang eines Microoszillators geführt werden, um die Gehirnwellen auf diese Weise drahtlos zu übertragen.
Für den Vorverstärker sollte eine rauscharme Transistortype verwendet werden. Für den Transistor 2 N 5089 von NS (National Semiconductor) ist ein Kollektorwiderstand von 22 k vorgesehen. Für ähnliche Typen ist der Kollektortrimmwiderstand optimal einzustellen. Der selektive Verstärker ist umschaltbar auf Alpha- und Thetawellen. Schlüsselt man die verschiedenen Gehirnwellenarten mach ihrer Frequenzhöhe auf, sieht es wie folgt aus:

Delta Wellen (0,5-3,5 Hz)
Deltawellen zeigen die niedrigste Frequenz auf und sind charakteristisch für den traumlosen Schlafzustand.

Theta Wellen (3,5-7 Hz)
Theta Wellen sind während schöpferischer Stimmungslage und in der Zeit kurz vor dem Einschlafen wahrnehmbar.

Alpha Wellen (7-13 Hz)
Alpha Wellen Aktivität macht sich im entspannten Ruhezustand bzw. bei fehlender Aufmerksamkeit und Konzentration bemerkbar.

Beta Wellen (13-25 Hz)
Beta Wellen zeigen die höchste messbare Frequenz und stehen meist im Zusammenhang mit konzentrierter Aufmerksamkeit, wie z.B. beim Lesen oder beim Lösen einer Rechenaufgabe.

(Anmerkung: Die Frequenz der Gehirnwellen ist also ein Maß für den Wachzustand. Oder anders Ausgedrückt: Folter durch Schlafentzug findet unter anderem dadurch statt, dass durch elektrische Impulse dem Gehirn ein Gehirnwellenmuster aufgezwungen wird, das dem Wachzustand entspricht. Über den Einfluß von Radiofrequenzstrahlung auf das EEG gibt es mehrere Veröffentlichungen. Um Personen in ihrer Leistung zu behindern oder diese vollständig abzuschalten wird durch elektrische Impulse, die wie wir gesehen haben auch drahtlos auf große Entfernung übertragen werden können, die Frequenz der Gehirnwellen in den Bereich um 10 Hertz und darunter herabgesetzt. Die bestrahlten Personen erscheinen dann vollkommen unaufmerksam und sind nicht in der Lage einfache Aufgaben zu erfüllen. Bei einer sehr hohen Frequenz der Gehirnwellen im Bereich von über 50 Hz kommt es zu Panikanfällen. M.B.)

Die Aufzählung der verschiedenen Wellenarten verdeutlicht die Vielfalt der Erscheinungsformen. Die in einem Diagramm zu einem bestimmten Zeitpunkt jeweils vorherrschende Gehirnwellenfrequenz wird im einfachsten Fall durch Auszählen der Wellenspitzen bzw. -zacken pro Sekunde ermittelt. Zur wissenschaftlichen Auswertung der aufgezeichneten Werte werden Frequenzanalysatoren verwendet, welche die Frequenzverteilung graphisch darstellen. (Anmerkung: FFT Einstellung beim Speicheroszilloskop, M.B.) *Bild 65 zeigt EEG´s, die im schlafenden Zustand, mit geschlossenen Augen in Ruhestellung und wach mit offenen Augen aufgenommen wurden. Sehr Charakteristisch sind dabei die Messungen am Hinterkopf, die sich mit der Geistesverfassung der Versuchsperson erheblich verändern. Bild 66 zeigt eine Frequenzanalyse des Hinterkopfes für eine Gesamtzeit von 15 Minuten, während Bild 67 die zu erwartende Frequenzverteilung für eine Versuchsdauer von 24 Stunden aufzeigt.*
Die drahtlose Übertragung der Gehirnwellen mittels eines Microsenders während eines normalen Tagesablaufs dürfte dabei relativ einfach zu bewerkstelligen sein.
Das Verschwinden der Alphawellen bei geistiger Beschäftigung offenbart das in Bild 68 angegebene Experiment. Bei Versuchen mit Gehirnwellen sind die Versuchs.- und Umgebungsbedingungen von entscheidender Bedeutung. Für das Gelingen von Experimenten sind dabei eine ganze Reihe von Punkten zu berücksichtigen. Zunächst einmal müssen beide Elektroden einwandfrei mit Ohrläppchen und Kopfhaut kontaktiert sein. Da am Hinterkopf die Haare im Weg sind, müssen diese so gut wie möglich zur Seite gekämmt werden. Außerdem sind die Elektroden mit Kontaktemulsion zu bestreichen. Ein Anfeuchten des Hinterkopfes und des Ohrläppchens mit Salzwasser hat etwa den gleichen Effekt. Brauchbare Messungen können nur in entspannter Sitzposition in einem Metall- und gerätefreien Raum gemacht werden. Während der Versuche ist jede Bewegung zu vermeiden, da

diese unweigerlich zu Störungen führt. Die Versuche sollten in einschläferndem Halbdunkel durchgeführt werden, wobei die Gegenstände in der Umgebung keinerlei Aufmerksamkeit erregen dürfen. Unter diesen Bedingungen müssen nach 3-4 Minuten Entspannung Alpha Wellen hörbar sein. (...)
Zur Messung von Gehirnspannungen in der Größenordnung von 5-50 Mikrovolt sind zwangsläufig große Sorgfalt, Geduld und Übung erforderlich.

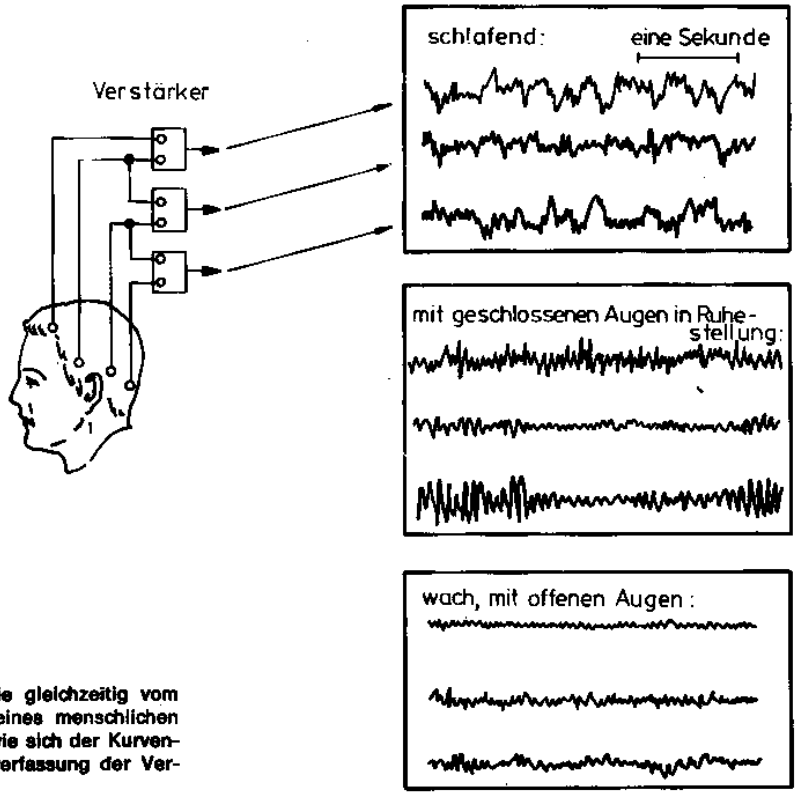
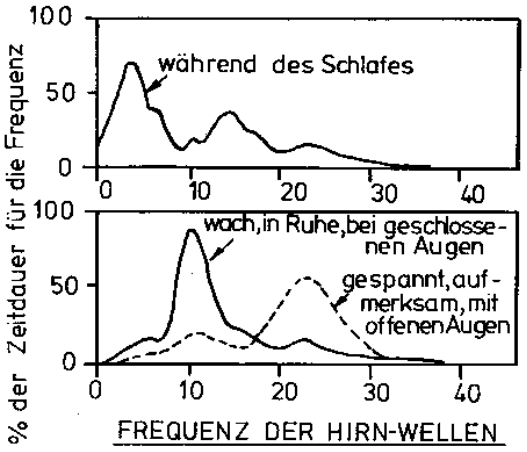


Bild 65
Aufzeichnungen elektrischer Ströme, die gleichzeitig vom vorderen, mittleren und hinteren Teil eines menschlichen Gehirns abgeleitet wurden. Man sieht, wie sich der Kurvenverlauf am Hinterkopf mit der Geistesverfassung der Versuchsperson ändert.



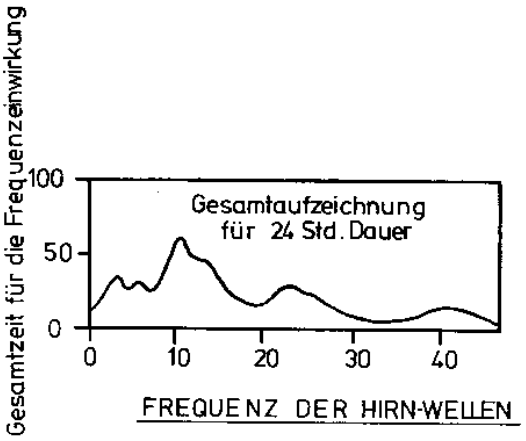


Bild 66
Frequenzanalyse eines EEG vom Hinterkopf. Wenn 15-Minuten-Aufzeichnungen einen Frequenz-Analysator passiert haben, dann charakterisieren Frequenzverteilungen, wie die hier gezeigten, Zustände des Wachens, Schlafens und die Perioden erhöhter Aufmerksamkeit.

Bild 67
Ein Frequenz-Analysator für die vom Gehirn erzeugten Ströme würde ein 24-stündiges EEG-Muster etwa so aufschlüsseln, wie es hier gezeigt ist.

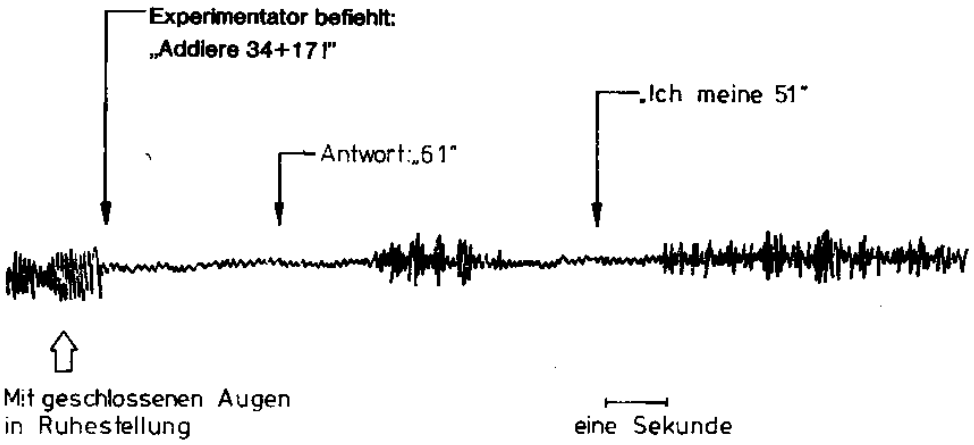
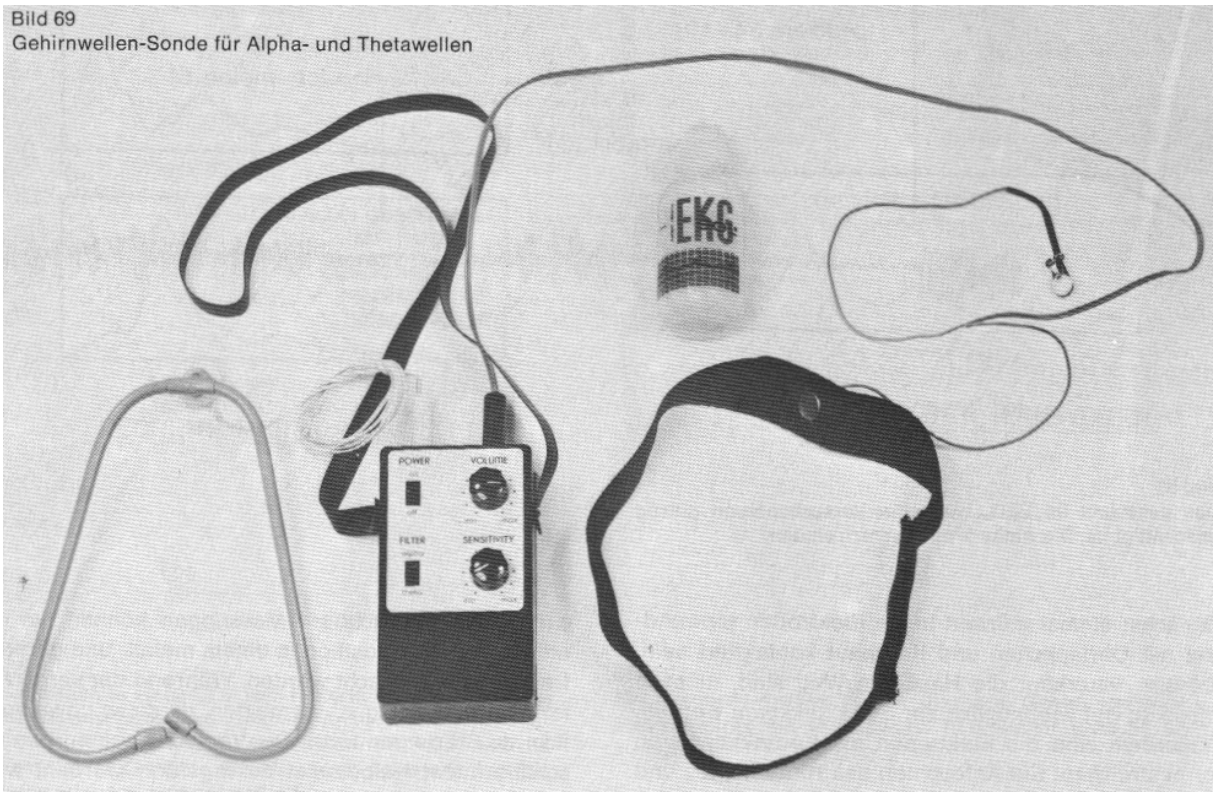


Bild 68
Das geschieht im EEG, wenn die Versuchsperson geistig beschäftigt ist. Die Alpha-Wellen verschwinden.

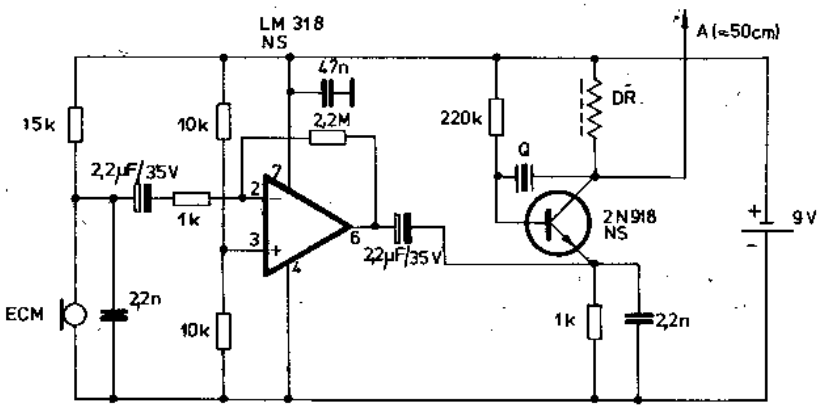
(...) Bild 69 zeigt einen im Handel erhältlichen Gehirnwellenmonitor einschließlich Zubehör.

Bild 69
Gehirnwellen-Sonde für Alpha- und Thetawellen



Um Körperströme und Spannungen zu messen oder mit einem Oszilloskop anzeigen zu können, muß man sie ausreichend verstärken, da die meisten Oszilloskope für diesen Zweck bei weitem zu unempfindlich sind. Besonders einfach lassen sich solche Messverstärker mit Operationsverstärkern aufbauen. In der Schaltung Bild 55 wird ein LM 4250 verwendet. Überall im Bauteilehandel erhältlich sind die Typen LM 741 und LM 318 wobei der letztere eine größere Verstärkung ermöglicht. Die folgende Schaltung ist dem Buch Minispione 3 von Günter Wahl entnommen (Seite 43). Hier wird ein LM 318 Verwendet um die Mikrofonspannung für den 27 MHz Sender zu verstärken. Bei dieser Beschaltung wird das Mikrofonsignal 2200 fach verstärkt. Die Verstärkung lässt sich regeln wenn der 2,2 Megaohm Widerstand durch ein Potentiometer von 2,5 Megaohm ersetzt wird. Hier gilt: Je höher der Widerstand, desto größer die Verstärkung, aber desto geringer auch die höchste noch verstärkte Frequenz. Die Verstärkung von 2200 fach dürfte die Grenze darstellen. Um eine höhere Verstärkung zu erreichen schaltet man 2 oder mehr Operationsverstärker hintereinander. Um die Spannungen im Körper zu messen oder anzuzeigen wird nur der linke Teil der Schaltung mit dem Operationsverstärker verwendet. Das Mikrofon wird gegen Elektroden ausgetauscht, die an der Körperoberfläche befestigt werden. Man kann eventuell auch nadelförmige Elektroden verwenden. Zwischen dem Ausgang des Operationsverstärkers und Masse schließt man nun ein Oszilloskop an. Es kann auch ein Kopf- oder Ohrhörer verwendet werden um den Nervenzellen oder dem BND beim Tätigwerden zuzuhören.

Bild 36

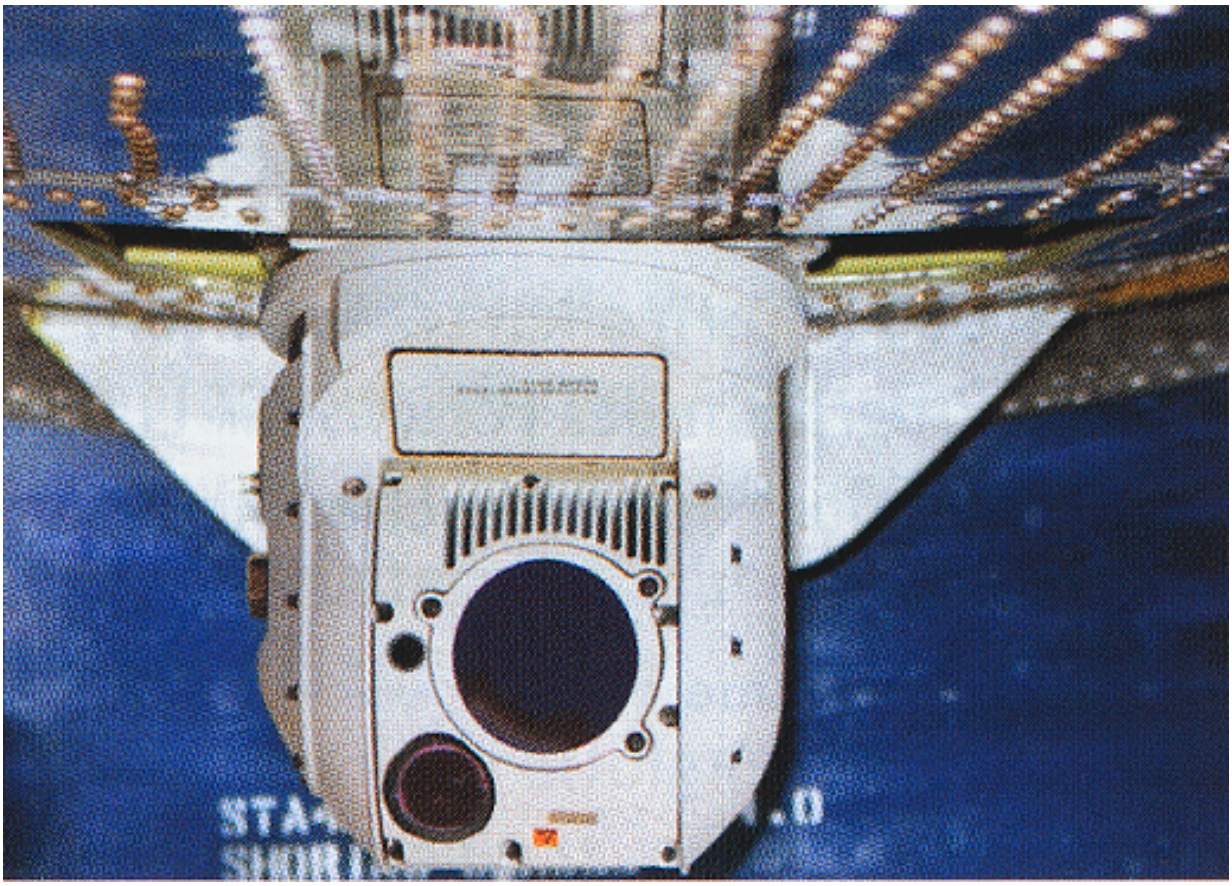


Q → 27,12 MHz
DR. → DROSSEL -L ≈ 150 µH
ECM → ELECTRET CONDENSER MIKROFON TYP EM 84

Verwendung von Lasern zur Folter, Überwachung und gegen Technik

Das elektromagnetische Spektrum umfasst Radiofrequenzstrahlung (20 000 Hz – 300 MHz) Mikrowellenstrahlung (300 MHz-300 GHz), ferne Infrarotstrahlung oder moderner Terahertzstrahlung, nahes Infrarot, das sichtbare Licht mit einer Wellenlänge zwischen 780 und 360 Nanometern, das ultraviolette Licht, die Röntgenstrahlung, die Gammastrahlung und mit der höchsten Frequenz und kürzesten Wellenlänge die Höhenstrahlung oder kosmische Strahlung.
Dieses gesamte Spektrum besteht aus elektrischen und magnetischen Wellen unterschiedlicher Frequenz und Wellenlänge, aber es handelt sich immer um elektrische und magnetische Wellen. Aus diesem Grund gelten für das gesamte elektromagnetische Spektrum natürlich die gleichen physikalischen Gesetze. Das heißt Gesetzmäßigkeiten die für einen Frequenzbereich erkannt worden sind gelten auch für alle anderen Frequenzbereiche.
Das heiß also, daß prinzipiell das gesamte elektromagnetische Spektrum zur Folter und zum Einsatz gegen technische Geräte verwendet werden kann. Zum Schutz von zivilen Flugzeugen vor Angriffen mit kleinen Boden-Luft Raketen werden zur Zeit militärische Lasersysteme getestet und stehen kurz vor der Zulassung. Die oberen beiden Bilder sind dem Artikel „Ziviljets rüsten auf“ in der Flieger Revue, Januar 2006, S.18-20 entnommen. Flugzeuge der israelischen ELAL sind bereits mit einem ähnlichen System ausgerüstet.
Das obere Bild zeigt das Guardian System von Northrop-Grumman, das untere das Jeteye System der englischen BAE. Das Prinzip nach dem die beiden Geräte arbeiten wird im Internet unter: www.pbs.org/newshour/bb/Science/july-dec05/planes_12-27.html beschrieben. Von dort stammen auch die beiden darauf folgenden Bilder. Die Strahlung von Infratotlasern wird überlagert wie weiter unten beschrieben, dringt in den Sensor der Rakete ein, stört diesen durch Einspielen von Störsignalen und die Rakete kann das Flugzeug nicht mehr erkennen.
Beide Hersteller sagen, daß der Laser nicht stark genug ist um dem menschlichen Auge zu schaden, was in diesem Fall auch plausibel ist. Da die Suchköpfe von solchen Raketen sehr empfindlich sind, genügt sehr wenig Leistung um diese zu blenden. Natürlich lässt sich mit solchen Geräten auch die Elektrik von Flugzeugen stören. Beispielsweise war der Einfluß von Radiofrequenzstrahlung auf die Zündung von Motoren bereits in den 20er und 30er Jahren bekannt. Daraufhin sind zumindest in Deutschland Dieselmotoren in Flugzeuge eingebaut worden, die ja als Selbstzünder ohne elektrische Zündung aus kommen.

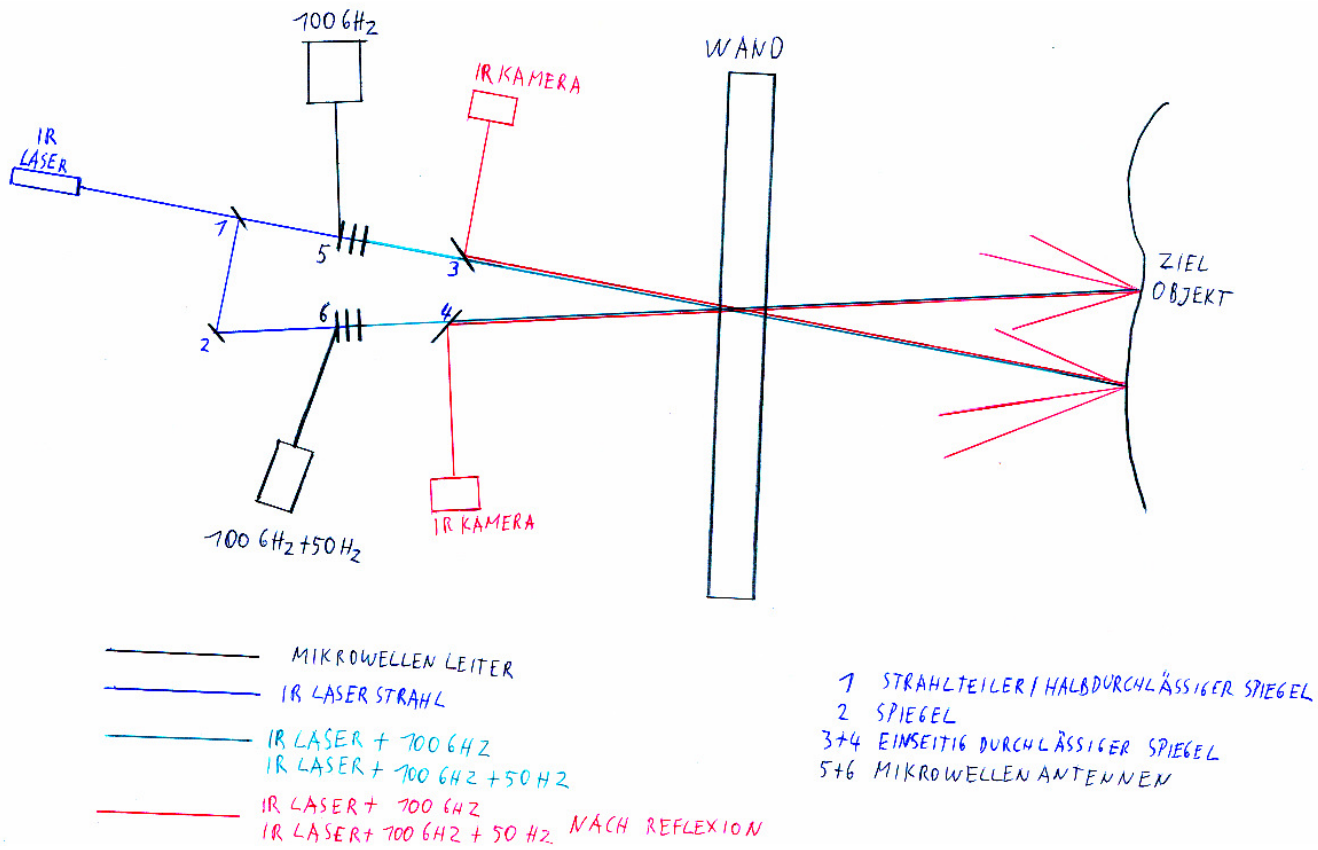
NORTHROP GRUMMAN
FedEx



Ein kurzer Blick ins Internet zeigt, dass Laser seit einigen Jahrzehnten in der Industrie zum Schweißen und Schneiden von Metallen verwendet werden. Dazu werden Hochleistungslaser mit vielen tausend Watt eingesetzt und der Strahl über Phasenschieber geführt.
Ein erster Phasenschieber teilt den Strahl in 2 gleich starke Strahlen und sorgt für eine feste Verschiebung der Phasenlage zwischen beiden um 90 Grad. Dadurch entsteht aus der linearen eine zirkulare Polarisation des Lichtes. Das heißt das elektrische und das magnetische Feld des Laserlichtes verursachen einen kreisförmigen Wirbelstrom im Bereich der beschossenen Oberfläche, der das Metall dann punktförmig erhitzt, während bei linearer Polarisation der Strom im Metall geradlinig vor und zurückfließt und so auch den Bereich außerhalb des Laserlichtes erwärmt. Nun ergibt sich aber noch ein weiteres Problem. Wenn Licht auf eine metallische Oberfläche fällt, wird es in der Regel zumindest teilweise reflektiert. Wenn das Metall anfängt zu schmelzen, wird diese Reflektion und damit die Energieaufnahme durch die ständige Veränderung der Oberfläche sehr unregelmäßig. Und zumindest die unmittelbare Umgebung wäre durch die reflektierte Strahlung ebenfalls gefährdet. Um das zu verhindern wird der Laserstrahl wieder aufgeteilt und erneut über einen Phasenschieber geführt. In diesem wird die Phasenlage der einen Hälfte des Laserstrahles kontinuierlich geändert. Bei der Überlagerung der beiden Teilstrahlen entsteht nun ein elektrisches und ein magnetisches Feld mit einer Frequenz die von der Phasenänderungsgeschwindigkeit bestimmt wird. Wenn sich die Phasenlage beispielsweise 100 000 Mal in der Sekunde um 360 Grad verschiebt, entsteht ein elektrisches und ein magnetisches Feld mit einer Frequenz von 100 Kilohertz. Und dieses Feld ist strikt auf den Bereich innerhalb des ursprünglichen Laserstrahles beschränkt. Da es sich aber um ein relativ niederfrequentes Feld handelt wird es nicht von der Metalloberfläche reflektiert, sondern induziert im Metall einen Strom. Da das Feld zirkular polarisiert ist fließt der Strom kreisförmig.
Es ist auch möglich, durch Wellenüberlagerung feste Materialien ohne Beschädigung zu durchdringen und hinter dem Hindernis Metalle zu bearbeiten, wenn das bei der Überlagerung entstehende Feld im Hindernis eine geringe Frequenz hat, so dass dort wenig Energie verloren geht.
Mit solchen Geräten können auf große Entfernungen Maschinen beschädigt und zerstört werden.
So können bei Kugellagern die einzelnen Kugeln erhitzt oder die Laufflächen beschädigt werden, indem Material von der Oberfläche abgetragen wird. Vermutlich lässt sich ein solcher Schaden, insbesondere das Aufrauen von Oberflächen, bei genauer Untersuchung von der natürlichen Abnutzung unterscheiden.
Vor allem Schäden bei denen punktförmige Löcher oder sogar kleine sichelförmige Vertiefungen in Oberflächen vorhanden sind, lassen sich mit natürlicher Abnutzung nicht erklären. Auch Gleitlager in Motoren sind sehr empfindlich, da diese prinzipiell aus einem weichen Material bestehen, das bereits bei relativ niedriger Temperatur schmilzt. So lässt sich mit Hochleistungslasern eine Vielzahl von Schäden an den unterschiedlichsten Materialien verursachen. Laser mit Leistungen von mehreren tausend Watt werden auch durch Bündelung von Diodenlasern hergestellt, wodurch diese sehr klein werden.
Beim Einsatz gegen Personen ist es notwendig, den natürlichen Nervenpulsen ähnliche biologisch wirksame niederfrequente Ströme in der beschossenen Person hervorzurufen. Durch Funktechnik abgestrahlte Wellen haben die Eigenschaft, daß sie kohärent sind, daß heißt die Wellenfronten verlaufen in gleichmäßigen Abständen voneinander und haben auch die gleiche Frequenz.
Die Strahlung oberhalb des Mikrowellenbereiches entsteht aber in der Regel durch Schwingungen von Molekülen oder Atomen. Jedes einzelne Molekül oder Atom strahlt aber zu einem anderen Zeitpunkt

und an einem anderen Ort als die anderen. Daraus ergibt sich daß diese elektromagnetische Strahlung keine einheitliche Wellenfront ausbilden kann, sondern aus einer ungeheuren Vielzahl von einzelnen elektromagnetischen Wellen mit jeweils geringer Energie und unterschiedlicher Phasenlage besteht. Diese Strahlung ist also nicht kohärent.
Mit einer solchen Strahlung, beispielsweise sichtbarem Licht einer bestimmte Wellenlänge, ist es nicht möglich, mit Hilfe von Wellenüberlagerung oder asymmetrischen Signalen ein Niederfrequenzsignal zu erzeugen. Geeignet ist für diesen Zweck nur kohärente elektromagnetische Strahlung wie sie im Frequenzbereich oberhalb der Mikrowellen von Lasern abgestrahlt werden. Laser werden vom Infrarotbereich über das sichtbare und ultraviolette Licht bis in den Röntgenbereich gebaut. Wenn nun ein Laserstrahl in zwei Strahlen aufgeteilt wird und die Phasenlage der beiden Laserstrahlen 50 mal in der Sekunde um eine vollständige Phase gegeneinander verschoben wird, so entsteht am Punkt der Überlagerung genau wie bei der Überlagerung von Mikrowellen ein elektrisches und ein magnetisches Feld mit einer Frequenz von 50 Hertz. Dieses elektromagnetische Feld verschiebt die Ionen und Elektronen im menschlichen Körper, so daß ein Strom fließt der dann eine Wirkung hat.
Phasenschieber für Hochleistungslaser werden beispielsweise in Geräten verwendet, die mit Lasern Metalle schneiden oder schweißen. Im in der Regel handelt es sich bei diesen Phasenschiebern um einen kleinen Spiegel, der vor und zurückbewegt wird, so daß die Laufstrecke des Laserlichts in ihrer Länge und damit die Phasenlage verändert wird. Die Vor- und Zurückbewegung dieses Spiegels liegt in der Größenordnung der Wellenlänge, also für Laser im sichtbaren Bereich in der Größenordnung von 500 Nanometern. Solche geringen Vor- und Zurückbewegungen werden mit Piezokristallen vorgenommen, wie sie in Ultraschalllautsprechern aber auch in Kristallmikrofonen verwendet werden. Diese Kristalle dehnen sich geringfügig aus, wenn man eine elektrische Spannung an sie anlegt und können so die Spiegel des optischen Phasenschiebers um die notwendigen kleine Beträge vor- und zurückbewegen.
Laserstrahlen werden in der Regel in einem dünnen Strahl abgestrahlt. Das heißt, daß die Wirkung sich auf ganz kleine Punkte beschränken läßt. Diese Techniken haben eine so hohe Auflösung, daß sich damit Bilder auf die menschliche Netzhaut schreiben lassen. Es gibt Berichte, daß diese Bilder eine bessere Qualität haben als die auf dem natürlichen Wege mit dem Auge wahrgenommenen. Trotzdem wird diese Technik Blinden und Sehgeschädigten vorenthalten, weil die Geheimdienste mit ihnen sehr viele Menschen Foltern. In freieren Ländern als der BRD, so z.B. in den USA, finden sich bereits 1975 wissenschaftliche Veröffentlichungen die das Einspielen von Bildern auf die Netzhaut des menschlichen Auges mit Hilfe von Lasern im sichtbaren Bereich, also ohne besondere Aufbereitung des Laserlichtes beschreiben. Wenn man sich vor Augen hält, auf welch kleiner Fläche bei CDs und DVDs Daten mit Hilfe von Lasern gespeichert und ausgelesen werden, bekommt man eine Vorstellung davon welche hohe Auflösung mit relativ einfachen technischen Mitteln und sehr kostengünstig erreichbar ist.
Durch die starke Bündelung von Lasern wird die benötigte Leistung im Gegensatz zur Funktechnik massiv verringert, so daß die Geräte kleiner und unauffälliger gebaut werden können. Wenn trotzdem größere Teile des menschlichen Körpers bearbeitet werden sollen, wird der Laserstrahl über diesen Bereich geführt. Durch die starke Bündelung ergibt sich außerdem eine viel höhere Reichweite als bei Funktechniken. Der Nachweis wird dadurch ebenfalls sehr erschwert, so daß eigentlich nur noch die Messung von elektrischen Strömen und Spannungen an der Körperoberfläche, oder besser noch mit Hilfe von implantierten Elektroden im Körper selber, verläßlich ist.
Mit Lasern lassen sich Wände und andere Hindernisse ohne Probleme überwinden, wenn im Bereich des Hindernisses durch Wellenüberlagerung ein Niederfrequenzsignal entsteht. Dazu wird die Phasenlage von 2 Laserstrahlen wie oben beschrieben mit Hilfe von Phasenschiebern so gegeneinander verschoben daß bei der Überlagerung ein elektromagnetisches Feld von beispielsweise 50 Hertz entsteht. Diese beiden Strahlen werden nun so exakt ausgerichtet daß sie sich zumindest im Bereich des Hindernisses überlagern. Der etnstehende Strahl besteht nun aus einem elektromagnetischen Feld von 50 Hertz, entspricht aber in seiner räumlichen Ausdehnung dem ursprünglichen Laserstrahl.
Ein niederfrequentes elektromagnetisches Feld mit einer Frequenz von beispielsweise 50 Hertz durchdringt die meisten Materialien fast ohne Energieverluste. Verluste eines elektromagnetischen Feldes entstehen nämlich dadurch, daß dieses Feld elektrisch geladene Teilchen in seinem Bereich verschiebt. Dazu ist Energie notwendig, die dem Feld verloren geht. Wenn die Teilchen in einer Sekunde 50 mal hin und hergeschoben werden benötigt das weniger Energie als wenn diese Teilchen eine Milliarde mal hin und hergeschoben werden. Das elektromagnetische Feld wird also bei hohen Frequenzen stärker gedämpft als bei niedrigen. Die Energie des elektromagnetischen Feldes wandelt sich hierbei in Wärme um und geht damit diesem Feld verloren. Wie man sieht kann man mit einem

Hochleistungslaser durch eine Wand schießen, ohne daß die Wand beschädigt wird oder der Laserstrahl Energie verliert.
Übrigens sind elektrische und magnetische Felder mit einer Frequenz von 50 Hertz ganz besonders unauffällig, da das Stromnetz eine Frequenz von 50 Hertz hat, und sich diese 50 Hertz ebenso wie die 16,66 Hertz des Stromnetzes der Bahn praktisch überall nachweisen lassen. Ein ELF (extreme low frequency) Feld außerhalb dieses Bereiches würde schon eher auffallen, wobei allerdings zu beachten ist daß Stromgeneratoren für militärische Zwecke und zum Anlassen von Flugzeugmotoren oft mit einer Frequenz von 400 Hertz arbeiten.
Aber auch Laserstrahlen mit einem asymmetrischen elektromagnetischen Feld können analog zu asymmetrischen Funksignalen zur Folter verwendet werden. Laserstrahlen haben immer eine feste Frequenz, die von dem verwendeten Material vorgegeben wird. In der Literatur wird beschrieben wie ein Infrarotlaserstrahl mit einem Mikrowellensignal mit einer Frequenz von 70 GHz überlagert wird. Das 70 GHz Mikrowellensignal aus einem Gyrotron läßt sich in seiner Frequenz abstimmen. Der Zweck dieser Überlagerung war es, einen ebenfalls in seiner Frequenz abstimmbaren Laserstrahl zu erhalten. Wenn das Mikrowellensignal in seiner Frequenz verändert wird, ändert sich natürlich auch die Frequenz des bei der Überlagerung mit dem Laserstrahl entstehenden neuen Laserstrahls.
Wenn das bei der Überlagerung verwendete Mikrowellensignal durch teilweise Gleichrichtung bereits asymmetrisch, also verzerrt ist, dann ist auch das nach der Überlagerung mit dem Laser entstehende Lasersignal verzerrt. In diesem Falle schwingen die Ionen, also die elektrisch geladenen Teilchen im Körper wie in jedem hochfrequenten elektromagnetischen Feld hin und her. Sie werden dabei aber durch diese Asymmetrie auf Grund ihrer Trägheit mehr in die eine als in die andere Richtung verschoben. Es fließt also im betroffenen Körper ein Strom in eine Richtung der eine Wirkung auf die Nervenzellen hat, wenn er den von den Nerven verwendeten Strömen in Stärke, Dauer, Richtung und vor allem Pulsfolge ähnelt.
Zur Herstellung von asymmetrischen Lasersignalen ist vor allem der Infrarotbereich geeignet, und hier wohl vor allem der ferne Infrarotbereich, also der Bereich der an die Mikrowellen anschließt. Der Grund hierfür liegt darin, daß sichtbares Licht und erst recht ionisierende Strahlung leicht durch die Schwärzung von photografischen Filmen nachweisbar ist. Und für den nahen Infrarotbereich gibt es empfindliche Kameras, die einen solchen Strahl sichtbar machen würden. Insbesondere dann, wenn ein wenig Rauch zu einer Streuung des Infrarotstrahls führt. Auf jeden Fall bleibt wegen des breiten verwendbaren Spektrums in der Praxis nur die direkte Messung von Spannungen an der Körperoberfläche oder innerhalb des Körpers zum Nachweis der Folter.
Diese Feinabstimmung von Laserstrahlen in ihrer Frequenz ist vermutlich auch die Grundlage dafür daß die auf die Netzhaut eingespielten Bilder und Filme den Berichten nach teilweise eine sehr hohe Farbbrillianz haben, mehr noch als reale Bilder. Denn durch einen in seiner Wellenlänge abstimmbaren Laserstrahl ist jede beliebige Farbe darstellbar. In diesem Falle würde tatsächlich ein Bild auf der Netzhaut oder zumindest in der optisch aktiven Schicht der Netzhaut abgebildet, das sich dann möglicherweise zumindest in der Dunkelheit mit einer kleinen Kamera, die vor das Auge gehalten wird, sichtbar machen lassen kann.
Aus den oben dargestellten physikalischen Grundlagen ergeben sich auch weitere Konsequenzen für die Überwachung. Es ist es möglich Räume von außen mit Hilfe von Lasertechnik zu überwachen. Zum Verständnis sehen wir uns folgendes Bild an.



Viele werden sich an einem Versuch aus dem Physikunterricht erinnern. Zwei Lautsprecher werden nebeneinander gestellt. Einer der Lautsprecher wird mit einem Ton der Frequenz 4000 Hertz betrieben, der zweite mit einem Ton der Frequenz 4500 Hertz. Diese beiden Töne sind relativ hoch. Wenn sich diese beiden hohen Töne allerdings überlagern, entsteht ein tiefer Ton. Dieser Ton hat eine Frequenz von 500 Hertz, also der Differenz zwischen den beiden Frequenzen. Es entsteht eine Schwebung. Eine solche Schwebung kann man auch mit elektromagnetischen Wellen erzeugen. Wenn zwei Laserstrahlen mit einem geringen Frequenzunterschied, in unserem Fall 50 Hertz, sich überlagern, erhält man ebenfalls eine Schwebung. Es entsteht ein elektromagnetisches Feld mit einer Frequenz von 50 Hertz. Ein elektromagnetisches Feld mit einer Frequenz von 50 Hertz durchdringt die meisten Materialien ohne Schwierigkeiten.
Es ist also notwendig zwei Laserstrahlen mit einem geringen Frequenzunterschied abzustrahlen. Da Laser immer eine bestimmte feste Frequenz haben, die vom verwendeten Material abhängt, überlagert man diese mit einem Mikrowellensignal. Da die Mikrowellensignale sich sehr genau in ihrer Frequenz abstimmen lassen, kann man auf diese Weise auch die Frequenz des Laserstrahls abstimmen.
Dazu wird ein Laserstrahl mit Hilfe eines halbdurchlässigen Spiegels (1) in zwei gleiche Strahlen aufgeteilt. Diese beiden Strahlen haben genau die gleiche Frequenz (blaue Linie). Ein weiterer Umlenkspiegel (2) richtet die beiden Laserstrahlen fast parallel zueinander aus, so daß sie sich in einem bestimmten Bereich überlagern. Diesen beiden Laserstrahlen wird durch die Antennen (5,6) jeweils ein Mikrowellensignal überlagert. Diese beiden Mikrowellensignale haben einen geringen Frequenzunterschied, in unserem Fall von 50 Hertz. Die Frequenz des einen Laserstrahl wird also durch die Überlagerung um 100 GHz erhöht, die Frequenz des anderen um 100 GHz plus 50 Hertz. So erhält man zwei Laserstrahlen mit einem Frequenzunterschied von nur 50 Hertz (grüne Linie). Wenn sich diese beiden Laserstrahlen überlagern, in der Zeichnung im Bereich der Wand, dann erhält man eine Schwebung, also ein elektromagnetisches Feld mit einer Frequenz von 50 Hertz das dieses Hindernis ohne Schwierigkeiten durchdringt. Da die beiden Laserstrahlen nicht ganz parallel laufen, erhält man hinter dem Bereich der Überlagerung wieder zwei einzelne Laserstrahlen, die nun auf die Gegenstände hinter der Wand treffen. Dabei wird das Laserlicht diffus in alle Richtungen gestrahlt (rote Linie).
Ein kleiner Teil des zurückgestrahlten Lichtes wird genau in die Richtung zurückgeworfen, aus der es kam. Im Bereich der Wand überlagern sich die beiden zurücklaufenden Laserstrahlen wieder. Da diese immer noch ihren geringen Frequenzunterschied besitzen, entsteht wieder eine Schwebung mit

einer Frequenz von 50 Hertz. Das durch die Überlagerung gebildete elektromagnetische Feld kann auf Grund seiner niedrigen Frequenz wieder durch die Wand dringen, diesmal von innen nach außen. Die zurücklaufenden Laserstrahlen werden dann mit Hilfe von einseitig durchlässigen Spiegeln (3,4) auf eine oder zwei Infrarotkameras umgelenkt. Um eine größere Fläche zu überwachen, tastet man diese mit den Laserstrahlen zeilenförmig ab. Es muß hierbei nur dafür gesorgt werden, daß sich die beiden Laserstrahlen im Bereich von zu überwindenden Hindernissen überlagern, so daß diese von der entstehenden Schwebung überwunden werden können. Das hier beschriebene Verfahren der Abstimmung von Lasern mit Hilfe von überlagerten Mikrowellen ist mindestens seit Anfang der 80er Jahre veröffentlicht.
Ein kurzer Blick ins Internet zeigt, daß seit dieser Zeit sehr viel auf dem Gebiet von abstimmbaren Lasern geforscht worden ist. Stand der Technik dürfte seit längerem sein, daß zwei direkt abstimmbare Laser verwendet werden, um zwei Laserstrahlen mit einem geringen Frequenzunterschied abzustrahlen. Dadurch würde der Aufbau wesentlich vereinfacht.
Eine Vorstellung von der Auflösung solcher Geräte erhält man wenn man an das Auslesen von CDs mit Lasern denkt. Die einzelnen Datenpunkte haben eine Höhe von 125 Nanometern und eine Breite von 500 Nanometern. Diese Werte liegen im Bereich der Wellenlänge des Lichtes, sind also sehr klein und entsprechen der Auflösung der besten konventionellen Lichtmikroskope. Ein durchaus beruhigendes Gefühl, daß der BND jederzeit in der Lage ist, festzustellen, wie viele Hausstaubmilben in ihrem Teppichboden leben.
Hier noch einige weiterführende Überlegungen: Das üblicherweise verwendete Licht entsteht dadurch, daß einzelne Atome oder Moleküle Energie abgeben, wodurch jeweils ein einzelnes Lichtpaket abgestrahlt wird. Dieses besteht aus einer begrenzten Zahl von Schwingungen und die einzelnen Pakete haben eine Vielzahl von unterschiedlichen Frequenzen. Aber es sind ungeheuer viele einzelne Wellenpakete. So ist vorstellbar, daß einzelne Wellenpakete mit einem geringen Frequenzunterschied und fast gleicher Richtung sich überlagern, so daß ein relativ niederfrequentes elektromagnetisches Feld im Radiofrequenz- oder Mikrowellenbereich entsteht, das dann in der Lage ist eine Wand zu durchdringen. Auf diese Weise können einzelne Wellenpakete gemeinsam auch eigentlich undurchdringliche Materialien überwinden. Das durchscheinen von Licht durch dünne Folien von ansonsten undurchsichtigem Material könnte darauf zurückzuführen sein. Von einem bei der Bundeswehr in den 80er Jahren für das Gewehr verwendeten Nachtsichtgerät hieß es, daß es bei Tageslicht durch die Schutzkappe aus dickem schwarzem Kunststoff hindurch Bilder liefern kann. Auch das ließe sich eigentlich nur so erklären, daß einzelne Wellenpakete sich gegenseitig durch die Abdeckung geschleust haben und daß diese geringe Lichtmenge für den Restlichtverstärker ausreichte um ein Bild zu liefern.

What is a nerve? R.S. Mackay In: IRE Transations on medical electronics ME-7, pp. 94-97 New York 1960

Was ist ein Nerv?

Eine Antwort auf die Frage "Was ist ein Nerv?" lautet, daß ein Nerv als eine Hintereinanderschaltung von bistabilen Schaltelementen angesehen werden kann. Diese Antwort erklärt nicht die Funktionsmechanismen eines Nervs, aber sie fasst viele der beobachteten Eigenschaften von Nerven und vergleichbaren Systemen zusammen. (...)

Ein Nerv mit seiner alles oder nichts Reaktion (*Anmerkung des Übersetzers: Also der Produktion von binären Signalen wie in der digitalen Technik in der, im Gegensatz zur analogen Technik nur zwei Werte, nämlich Strom Ein und Strom Aus verwendet werden*) und der Aussendung eines Impulses, dessen Form und Weiterleitungsgeschwindigkeit von der Struktur des Leiters und nicht von den Mechanismen seiner Auslösung abhängt, zeigt bistabiles Verhalten. Das bedeutet, daß ein Impuls als ein Schaltvorgang zwischen zwei ziemlich genau definierten Zuständen angesehen werden kann. (...)

Eine Erhöhung der an einem gewöhnlichen elektrischen Widerstand angelegten Spannung führt zu einer Erhöhung des fließenden Stroms. Deshalb erhält man bei einem Diagram in dem der fließende Strom in Abhängigkeit von der Spannung dargestellt wird, eine Kurve, die nach Rechts ansteigt. Nun gibt es Systeme, bei denen die Kurve nach rechts hin abnimmt, bei denen also eine Zunahme der Spannung zu einer Verringerung des fließenden Stromes führt. Ein solches Verhalten wird als Bereich negativen Widerstandes, oder vereinfacht und kürzer, als negativer Widerstand bezeichnet. Die negative, abnehmende Charakteristik der Kurve kann nur in einem begrenzten Bereich vorkommen, denn sonst müßte das betreffende System in der Lage sein, unbegrenzt Energie zu liefern. Einige der zu beobachtenden Eigenschaften sind in Bild 1 dargestellt. Wir erkennen, daß es zwei Arten von negativem Widerstand gibt, die sich dadurch unterscheiden, wie der abnehmende Bereich jeweils in die beiden benachbarten positiven Bereiche übergehen. Auch wenn in beiden Fällen die die Eigenschaften der Systeme beschreibenden Kurven einen abnehmenden Bereich zeigen, so zeigen doch beide Systeme ein grundsätzlich unterschiedliches Verhalten, wenn sie Bestandteile von elektrischen Schaltkreisen sind. (...)

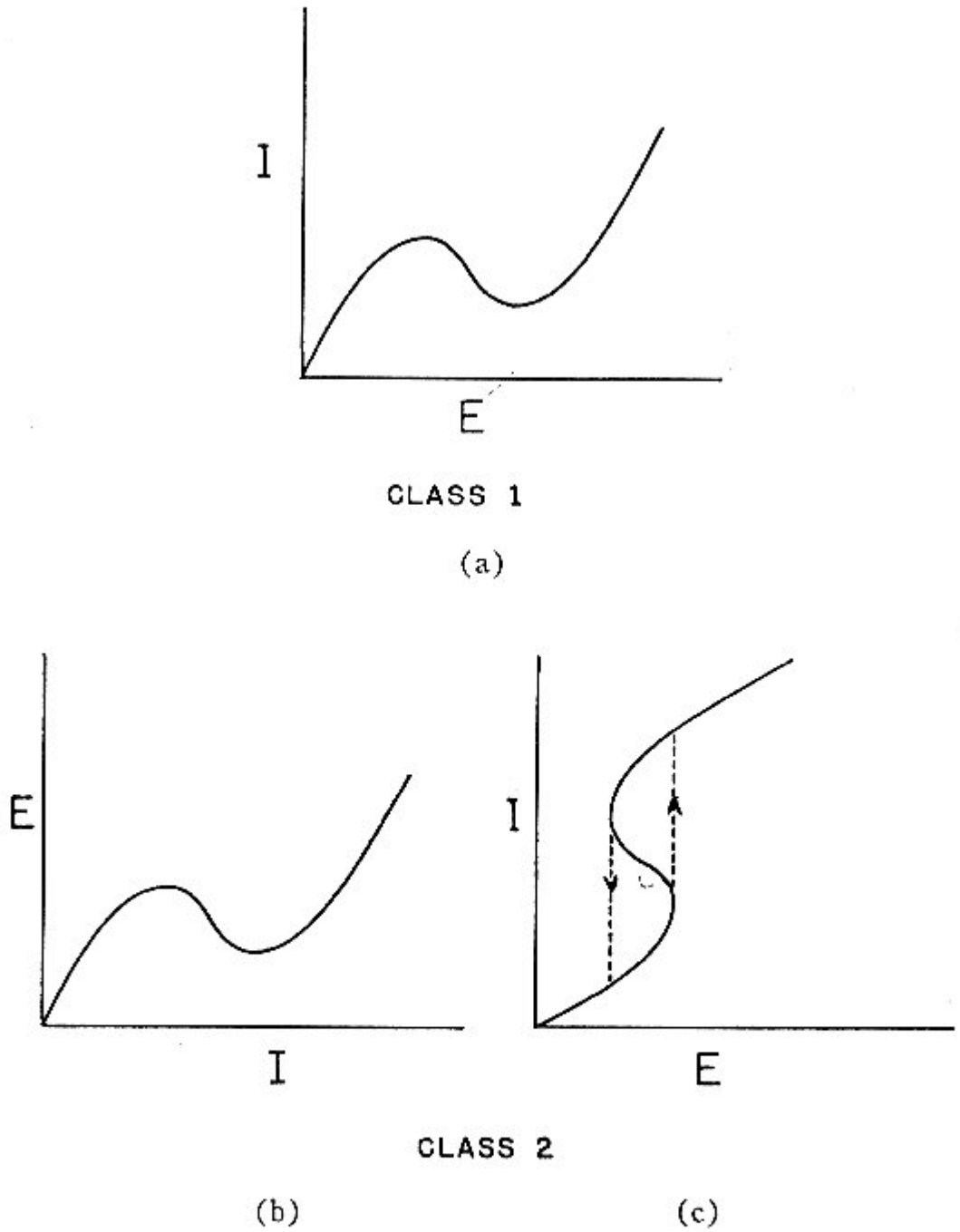


Fig. 1—There are two types of negative resistance and, though each is characterized by a region of negative slope on its current-voltage characteristic curve, their actions in a circuit are quite different. One type is the dual of the other, and performance is determined by response beyond this negative region. (a) The negative resistance is observed here as a decrease in current for an increase in voltage and in (b) it is observed as a decrease in voltage for an increase in current.

In Bild 1 (a) ist die Beschreibung eines Systems dargestellt, in dem eine zunehmende Spannung zuerst zu einer Zunahme, dann zu einer Abnahme und schließlich zu einer weiteren Zunahme des fließenden Stroms führt. Die Eigenschaften des anderen Systems sind in Bild 1 (b) dargestellt. Hier führt ein zunehmender Stromfluß durch das System zuerst zu einer zunehmenden, dann einer abnehmenden und schließlich zu einer weiter zunehmenden Spannung. Wenn eine gleichmäßig ansteigende Spannung an einem System der zweiten Art angelegt wird, erhält man ein Ergebnis, wie

es in Bild 1 (c) dargestellt ist. Hier finden wir zuerst einen allmählichen Anstieg des Stromes, dann eine Unterbrechung in der Gleichförmigkeit des Stromanstiegs mit einem Sprung auf ein höheres Niveau und im weiteren Verlauf einen weiteren allmählichen Anstieg des Stromflusses. Bei abnehmender Spannung findet eine Hysterese (*Anmerkung des Übersetzers: Andauer der Wirkung nach Beendigung des auslösenden Einflusses*) statt, denn die Stärke des fließenden Stromes verringert sich langsam bis zu dem Punkt wo er plötzlich auf einen geringeren Wert abfällt, um dann weiter langsam bis auf den Wert null zurückzugehen.

Dieser Sprung in der Stärke des fließenden Stromes findet bei abnehmender Spannung insgesamt bei niedrigerer Spannung statt, als der Sprung beim Anstieg der Spannung. Hysterese wird bei Systemen der ersten Gruppe (Bild 1 (a)) beobachtet, wenn ein ständig wechselnder Strom angelegt wird. Eine Beeinflussung des Gesamtsystems, so daß der charakteristische Bereich der Kurve in anderen Quadranten liegt, beeinflusst diese grundlegende Eigenschaft nicht. (*Anmerkung des Übersetzers: So wird zum Beispiel bei Empfangsdioden in Radargeräten oder Radioempfängern eine kleine Vorspannung angelegt, mit deren Hilfe der Arbeitspunkt der Diode eingestellt wird. Denn weil sich Vorspannung und Hochfrequenzspannung addieren, wird die Diode dadurch im Bereich der maximalen Empfindlichkeit betrieben. Das heißt, daß sich die Kurve in einem Koordinatenkreuz verschiebt, in dem alleine die Spannung und der Strom der Hochfrequenz dargestellt wird ohne die Vorspannung zu berücksichtigen. Aus dieser Verschiebung folgt dann daß bereits eine sehr geringe Änderung der Hochfrequenzspannung zu einem sprunghaften Anstieg des Stromes führen kann.*)

Für jemanden, der sich für Elektronik oder Elektrizität interessiert sind diese Überlegungen einfach nachzuvollziehen, denn genaugenommen kann man keine Schwingungen, Verstärkungen oder Schaltvorgänge auslösen, ohne im entsprechenden Schaltkreis Bauteile zu verwenden, die einige der genannten Eigenschaften besitzen. Die ständig neue Wiederherstellung eines Nervenimpulses auf seinem Weg durch das Nervensystem kann man sich auf der Grundlage dieses negativen Widerstandes vorstellen. Bei Versuchen (...) kann man beobachten, daß ein Nerv Eigenschaften von der Art besitzt, wie sie in Bild 1 (a) gezeigt werden. (...) In einem myelinhaltigen Nerven befindet sich eine gewisse Anzahl von "Knotenpunkten" die als "Relaisstationen" die elektrischen Pulse auffrischen. (...) Einen Schaltvorgang, oder die Aussendung eines Impulses, kann man sich als den Übergang zwischen zwei Schaltzuständen vorstellen, die den beiden Kreuzungen einer Linie (*Anmerkung des Übersetzers: In Bild 1 (c) die gestrichelten Linien*) zwischen den zwei ansteigenden Bereichen der Kurve entsprechen, wobei die Kreuzung mit dem negativen Teil der Kurve instabil ist. Ein solcher Vorgang findet in rückgekoppelten Systemen zur Pulsregeneration statt. (...)

Der Einfachheit halber kann man sich zur Erklärung eines bistabilen Zustands einen Ball vorstellen, der über die Spitze eines Hügels gerollt wird, wobei die beiden Punkte am Fuß des Hügels die beiden stabilen Zustände sind. Offensichtlich kann der Ball mit einem einzigen starken oder aber mit vielen kleinen Stößen über den Hügel befördert werden. Ein solcher Vorgang wird von den Biologen als "Addition nicht genügender großer Anregungen" bezeichnet. Es ist auch ersichtlich, daß ein bestimmter Impuls von entsprechender Stärke den Ball auf die Spitze des Hügels befördert, wo er sich für eine verschieden lange Zeit aufhalten kann, bevor er mehr oder weniger zufällig zu der einen oder anderen Seite herunterrollt. (...) Bild 2 zeigt ein Oszillogramm, das das Ergebnis der Anregung eines Multivibrators mit einem kurzen Puls wiedergibt, dessen Stärke ungefähr dem zur Auslösung des Überganges von einem Schaltzustand in den anderen notwendigen Minimum entspricht. Der Schaltkreis befindet sich für eine unterschiedlich lange Zeit in einem Zwischenstadium bevor er entweder in den "angeregten" Zustand schaltet oder in den "unangeregten" Zustand zurückfällt. Dieser dritte Zustand ist instabil, aber er kann vorkommen. Ein sehr ähnliches Verhalten zeigen Nerven. (...)

Mackay: What Is a Nerve?

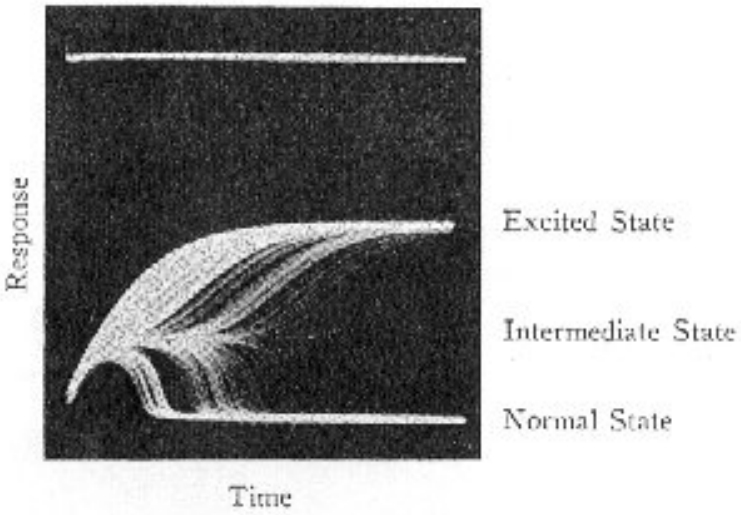


Fig. 2—Intermediate unstable state observed in nerves, the plant Nitella, multivibrators, and other two-state systems. Shown is a plot of response as a function of time, repeated a number of times in the vicinity of an almost adequate pulse. Progression or return depends on random fluctuations. An initiating pulse is shown above on the same time scale.

Bei einem Nerven (...) schaltet ein zeitabhängiger Mechanismus (...) das System automatisch in den normalen nicht angeregten Zustand zurück. (...) Es ist schade und manchmal verwirrend, daß Vorgänge, die Biologen und Physikern gleichermaßen geläufig sind, mit so verschiedenen Begriffen und unter Gebrauch so verschiedener Sprachen beschrieben werden.

Reception of microwaves by the brain
William T. Joines
In: Medical Research Engineering 12, no. 3, pp. 8-12 (1976)

Wahrnehmung von Mikrowellen durch das Gehirn

Berichte darüber, daß Mikrowellenbestrahlung auch bei Leistungsdichten von weniger als 10 mW/cm2 akut Gefühle von Feindseligkeit sowie das Hören von Geräuschen wie Summen, Zischen und Klicken bei Menschen hervorrufen können, deuten darauf hin, daß Mikrowellen auf die Nerven innerhalb des Schädels einwirken könnten. (...) Die durch Mikrowellen hervorgerufenen Gefühle akuter Feindseligkeit wurden auch durch direkte elektrische Stimulierung von Nervenzellen innerhalb des Schädels hervorgerufen. (...)

Die Einwirkung von Mikrowellen auf das Modell eines Schädels
Bei einem aus einer mehrlagigen Kugel bestehende Modell eines menschlichen Schädels (Bild 1) mit den in Tabelle 1 wiedergegebenen elektrischen Eigenschaften und Schichtdicken wurde die Änderung der Stärke der absorbierten Energie in Abhängigkeit von der verwendeten Frequenz an unterschiedlichen Orten im Schädel festgestellt.

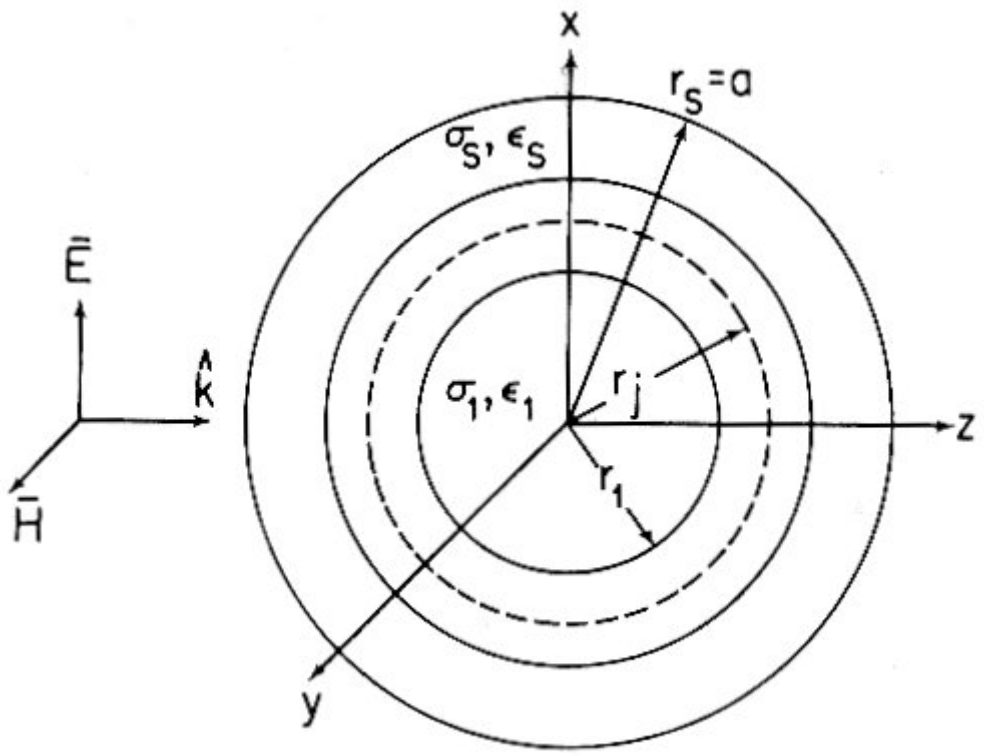


Bild 1. Sechslagiges Kugelmodell des Schädels unter Bestrahlung mit einer sich in Richtung der Z-Achse fortpflanzenden ebenen Welle.

Layer	Radius (cm)	Conductivity (millimhos/cm)	Relative dielectric constant
skin	a	$8\left[\frac{1+62(f/f_o)^2}{1+(f/f_o)^2}\right]$	$4\left[\frac{12+(f/f_o)^2}{1+(f/f_o)^2}\right]$
fat	a-0.15	1	6
bone	a-0.27	2	5
dura	a-0.70	$8\left[\frac{1+62(f/f_o)^2}{1+(f/f_o)^2}\right]$	$4\left[\frac{12+(f/f_o)^2}{1+(f/f_o)^2}\right]$
CSF	a-0.80	$8\left[\frac{1+62(f/f_o)^2}{1+(f/f_o)^2}\right]$	$7\left[\frac{12+(f/f_o)^2}{1+(f/f_o)^2}\right]$
brain	a-1.10	$6\left[\frac{1+62(f/f_o)^2}{1+(f/f_o)^2}\right]$	$5\left[\frac{12+(f/f_o)^2}{1+(f/f_o)^2}\right]$

Note: f_o is 20 GHz.

Tabelle 1. Abmessungen und elektrische Eigenschaften des mehrlagigen Kugelmodells des menschlichen Schädels.

In den Bildern 2,3,4 und 5 werden die Ergebnisse für Radien der Modelle von 7 und 10 cm wiedergegeben.

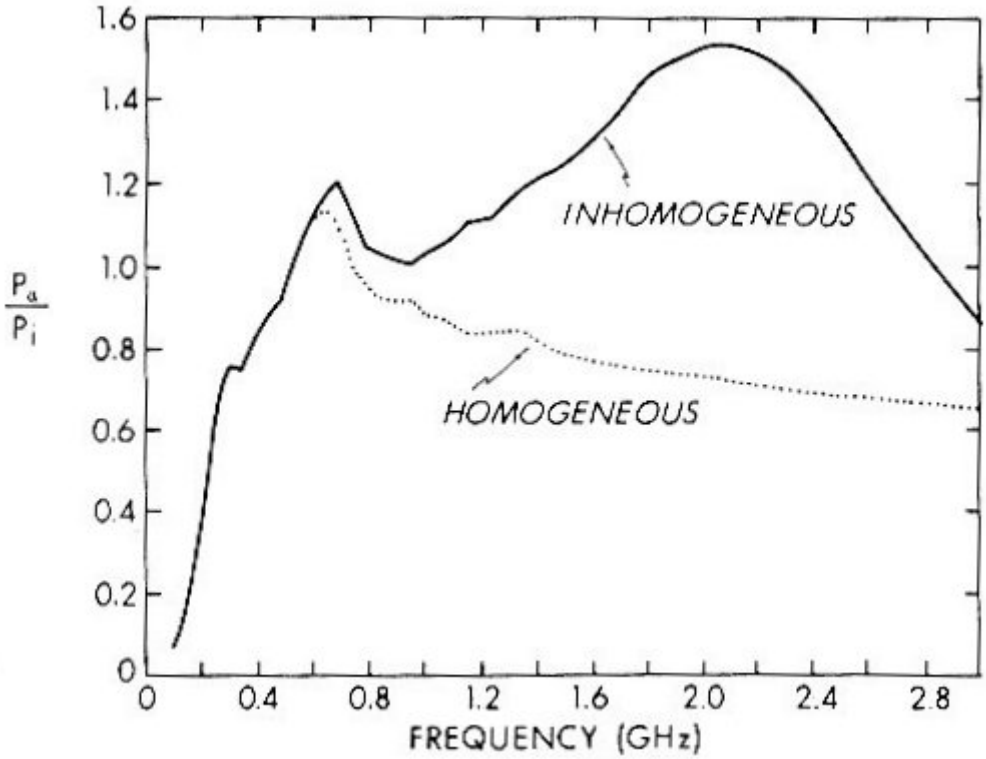


Bild 2. Relative Leistungsaufnahme in Abhängigkeit von der Frequenz für inhomogene (sechslagige) und homogene (einlagige) Kugelmodelle mit einem äußeren Radius von 7 cm

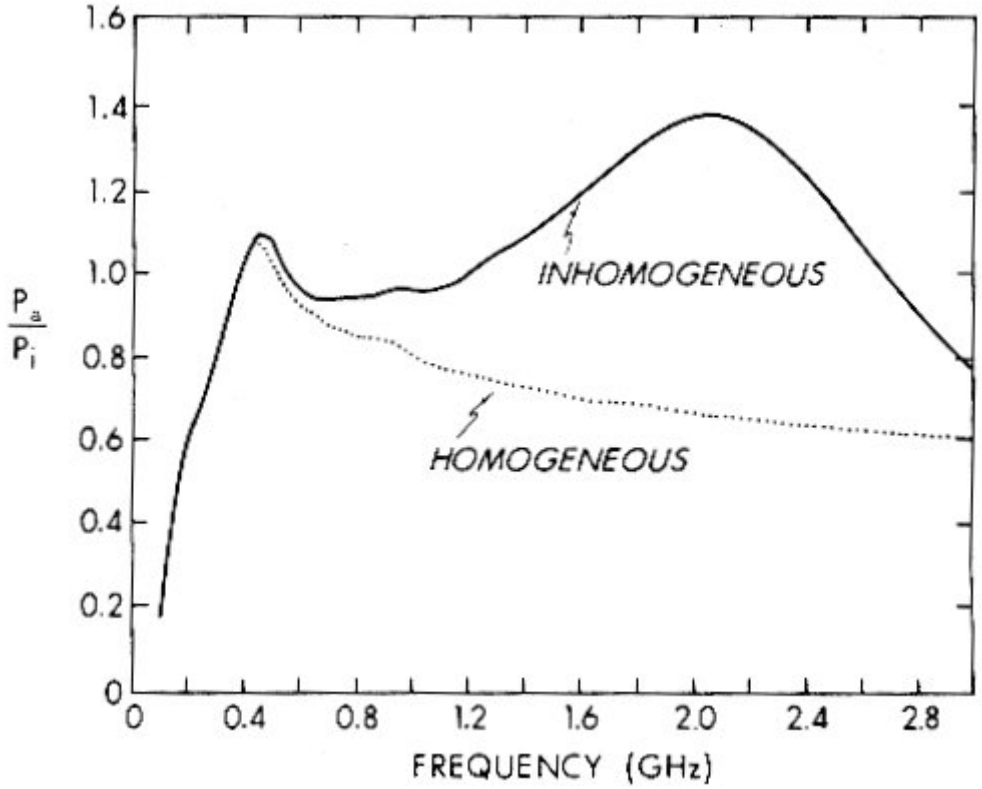


Bild 3. Relative Leistungsaufnahme in Abhängigkeit von der Frequenz für inhomogene (sechslagige) und homogene (einlagige) Kugelmodelle mit einem äußeren Radius von 10 cm

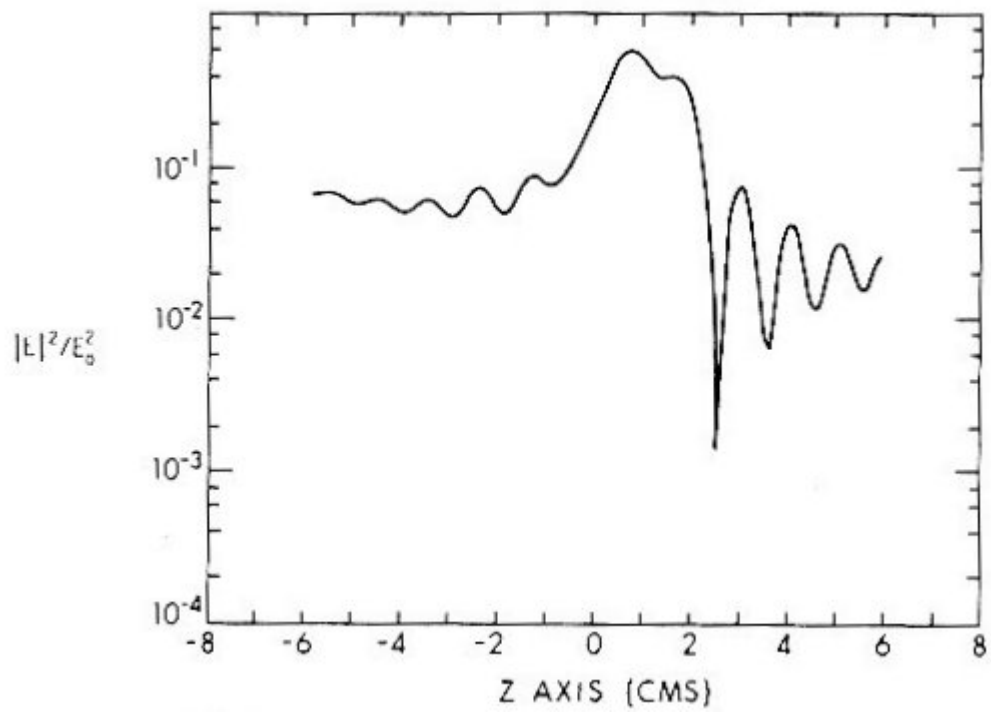


Bild 4. Verteilung der aufgenommenen Leistung innerhalb der simulierten Gehirnmasse (innerste Lage) entlang der Z-Achse bei dem sechslagigen Kugelmodell mit einem Radius von 7 cm bei einer Frequenz von 2,1 GHz

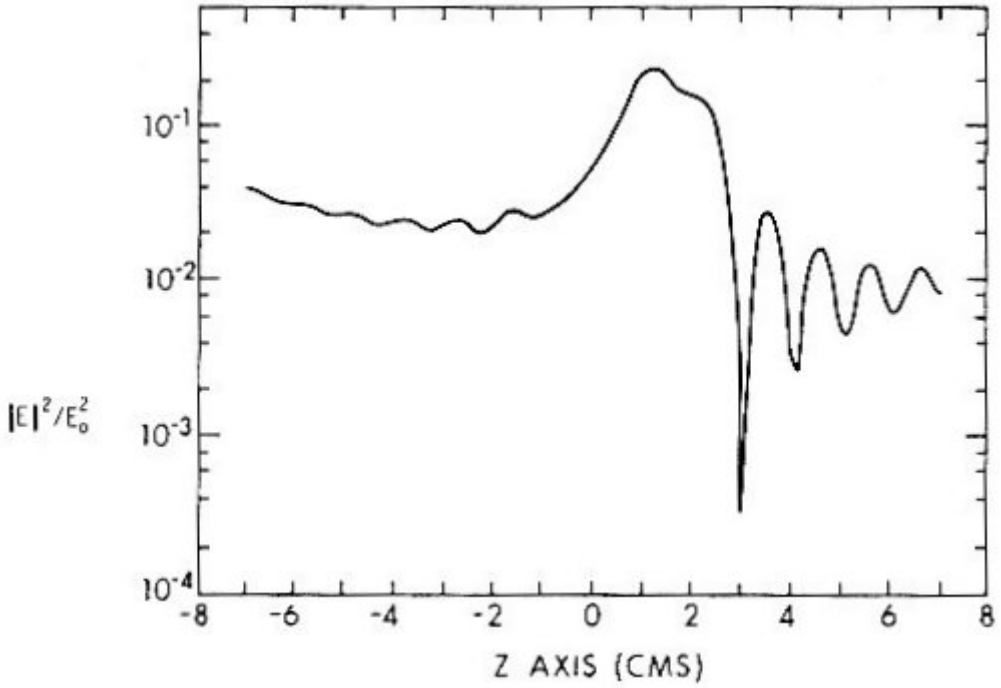


Bild 5. Verteilung der aufgenommenen Leistung innerhalb der simulierten Gehirnmasse (innerste Lage) entlang der Z-Achse bei dem sechslagigen Kugelmodell mit einem Radius von 10 cm bei einer Frequenz von 2,1 GHz

Bei der Berechnung der absorbierten Energie haben viele Forscher den menschlichen Schädel als eine homogene Kugel angenommen.(...) Das Ergebnis wird zum Vergleich als die unteren gepunkteten Kurven in den Bildern 2 und 3 wiedergegeben wobei der bemerkenswerte Unterschied der Stärke der aufgenommenen Energie im Bereich um 2,1 GHz offensichtlich ist. In den Bildern 2 und 3 wird die Absorptionsspitze bei niedrigerer Frequenz (bei 0,65 GHz für einen Radius von 7 cm und bei 0,45 GHz für einen Radius von 10 cm) dadurch hervorgerufen, daß das Schädelmodell wie ein Hohlraumresonator wirkt (Anmerkung des Übersetzers: Der Schädel stellt eine auf die jeweilige Frequenz abgestimmte Antenne dar, so daß es zu einer erhöhten Energieaufnahme kommt.). Aus diesem Grund sind diese Absorptionsspitzen mehr vom Schädelradius als von den verschiedenen Lagen des Modells abhängig.

Die Verteilung der elektrischen Feldstärke $(|E|^2/E_0{}^2)$ innerhalb der aus unterschiedlichen Schichten aufgebauten Kugel im Bereich der stärksten Energieaufnahme bei 2,1 GHz wird in Bild 4 für den Radius 7 cm und in Bild 5 für den Radius 10 cm wiedergegeben. Die Energieverteilung wird in Richtung der Ausbreitung der Mikrowellen, also entlang der Z-Achse in Bild 1 wiedergegeben. (...) (Wenn eine Mikrowellenstrahlung mit einer Leistungsdichte von) 10 mW/cm2 auf die Kugel einwirkt beträgt die größte durchschnittliche Leistungsdichte in der Nähe der Mitte des Hirns (...) 8,7 mW/cm3 für einen Radius von 10 cm und (...) 20,8 mW/cm3 für einen Radius von 7 cm. Diese beiden Spitzen in der örtlichen Leistungsverteilung liegen über dem Grundumsatz des Stoffwechsels des Körpers (1,25 mW/cm3) aber nur die Spitze von 20,8 mW/cm3 liegt über dem durchschnittlichen Wert des Grundumsatzes des Stoffwechsels der grauen Substanz des Gehirns der ungefähr bei 12,5 mW/cm3 liegt. (...)

Der typische Verlauf von einfallenden Strahlen nach der Beeinflussung durch die unterschiedlichen Lagen der Kugel wird in Bild 6 für eine Ebene wiedergegeben Der Radius der Kugel beträgt 7 cm. Die ebenfalls auftretenden Reflektionen sind nicht dargestellt. Eine Drehung um die Z-Achse ergibt ein dreidimensionales Bild das zeigt wie alle Strahlenwege der auf die Oberfläche der Kugel treffenden Welle in der Mitte der Kugel bei 1 cm zusammenlaufen. (...)

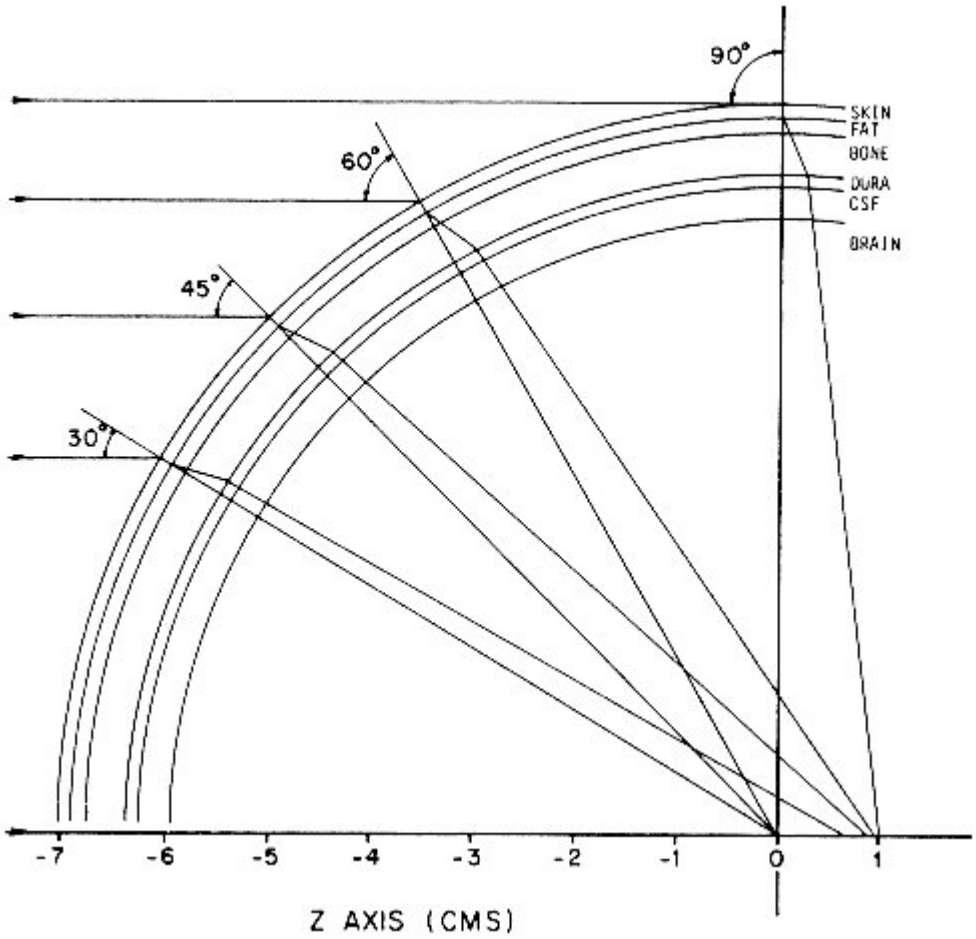


Bild 6. Querschnitt der mehrlagigen Kugel entlang einer Ebene der einfallenden Welle, der zeigt wie die Strahlenwege in der Nähe der 1 cm Markierung zusammenlaufen.

Die auf einen Punkt der Oberfläche einfallende elektromagnetische Welle kann in zwei Anteile aufgeteilt werden. Bei dem einen Anteil ist das elektrische Feld senkrecht zu der Einfallsebene (E 1) und bei dem anderen Anteil ist das elektrische Feld parallel zu ihr (E 11). Bei einem gegebenen Einfallswinkel (wie in Bild 6) werden diese beiden Anteile der Welle in unterschiedlichem Maße von der Oberfläche der Kugel reflektiert. Berechnungen der reflektierten Leistung unter Verwendung der Eigenschaften aus Tabelle 1 werden in Bild 7 für die homogene und für die mehrlagige Kugel bei einer Frequenz von 2,1 GHz und den Winkeln aus Bild 6 wiedergegeben. Da bei einer kugelförmigen Oberfläche die Gesamtanteile von E 1 und E 11 jeweils gleich groß sind, liegt der tatsächliche Prozentsatz der reflektierten Leistung auf einer Kurve zwischen E 1 und E 11.

Bild 7 wurde durch die Berechnung der Wellenimpedanz (Anmerkung des Übersetzers: Impedanz bezeichnet den Widerstand für den Wechselstrom der in vielen Fällen einen anderen Wert hat als der Widerstand für den Gleichstrom) an der Oberfläche der Kugel für jeden Teil der Welle bei verschiedenen Einfallswinkeln erhalten. Daraus wurde das Quadrat des Wertes des Reflektionskoeffizienten bestimmt. Diese Berechnungen zeigen, daß die äußeren Lagen der nicht homogenen Kugel bei 2,1 GHz als wirkungsvoller Viertelwellenüberträger dient. Dadurch wird über den größten Teil der Oberfläche der bestrahlten Kugel die Impedanz des Gehirns (ungefähr 48,5 Ohm bei 2,1 GHz) an die Impedanz der umgebenden Luft (377 Ohm) angepasst. Die unteren Kurven in Bild 7 verschieben sich nach oben wenn die Frequenz von 2,1 GHz verringert oder erhöht wird.

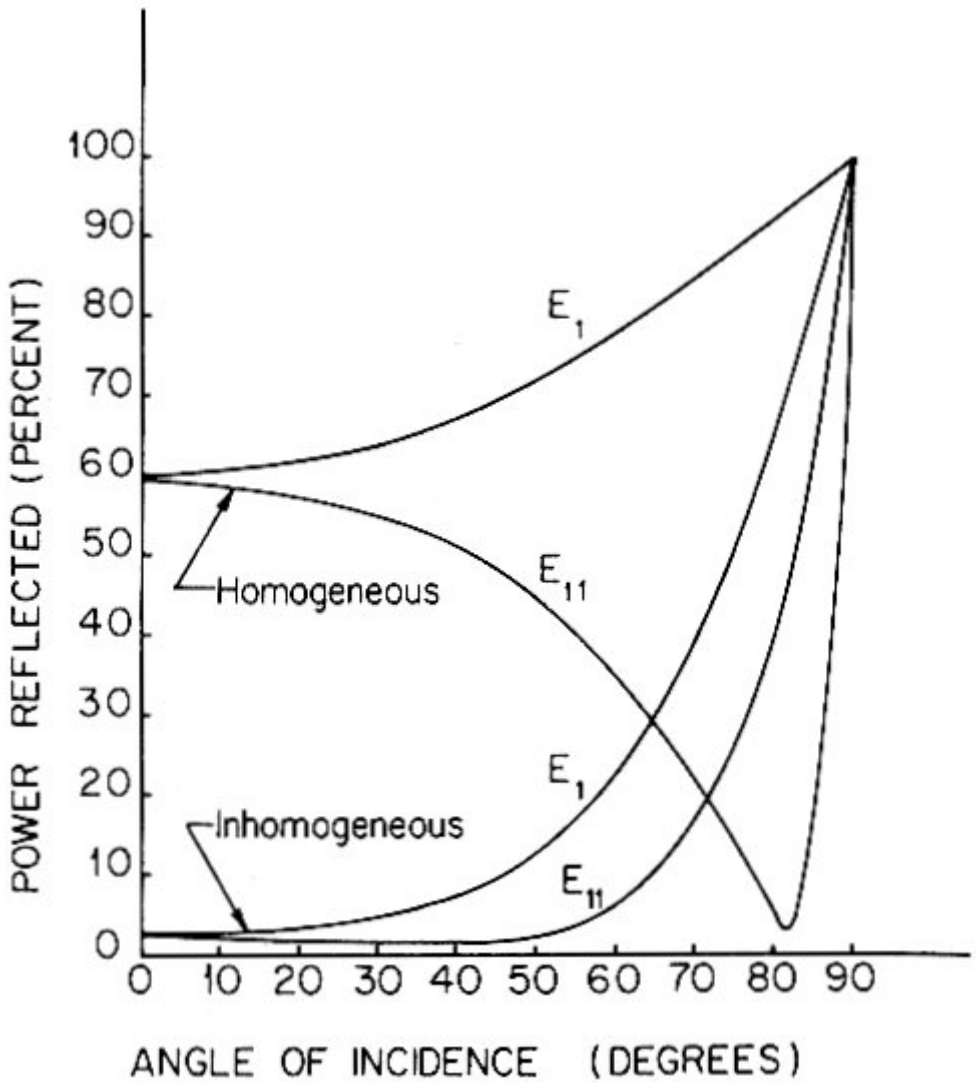


Bild 7. Prozentsatz des reflektierten Anteils der einfallenden Leistung in Abhängigkeit vom Einfallswinkel für den Teil der ebenen Welle mit dem elektrischen Feld senkrecht (E 1) und den Teil der Welle mit dem elektrischen Feld parallel (E 11) zu der Einfallsebene (2,1 GHz)

Einwirkung von Mikrowellen auf das Modell einer Nervenmembran
Für eine auf den Kopf einfallende Mikrowellenstrahlung von 10 mW/cm2 mit einer Frequenz von 2,1 GHz entsteht auf Grund der frequenzabhängigen Eigenschaft der Strahlenbündelung (wie aus den Bildern 2,4 und 6 hervorgeht) eine Leistungsdichte von 20 mW/cm3 in der Nähe der Mitte des Gehirns. Auf der Grundlage dieser zur Verfügung stehenden Leistung können wir die Möglichkeit, daß Nervenfunktionen innerhalb des Gehirns durch Mikrowellen beeinflusst werden, abschätzen.

Außer der direkten Erwärmung gibt es verschiedene Mechanismen durch die Mikrowellen auf Nerven einwirken könnten. Einer dieser möglichen Mechanismen ist die Gleichrichtung der Mikrowellen durch die Nervenmembran was im Folgenden untersucht wird.

Eine elektromagnetische Welle innerhalb eines biologischen Materials verursacht einen Stromfluß der Nervenmembranen durchdringt, was sich aus dem Ersatzschaltkreis für die Nervenmembran in Bild 8 ergibt (Anmerkung des Übersetzers: Ein Ersatzschaltkreis bildet die elektrischen Eigenschaften eines oder mehrerer elektronischer Bauteile oder eben eines biologischen Körpers mit anderen genormten Bauteilen nach, so daß man elektrische Vorgänge an ihm untersuchen kann). Das Ersatzschaltbild zeigt die Kapazität (C) und die Konduktanz (G) der Membran sowie die durch das elektromagnetische Feld verursachte Stromdichte (J).

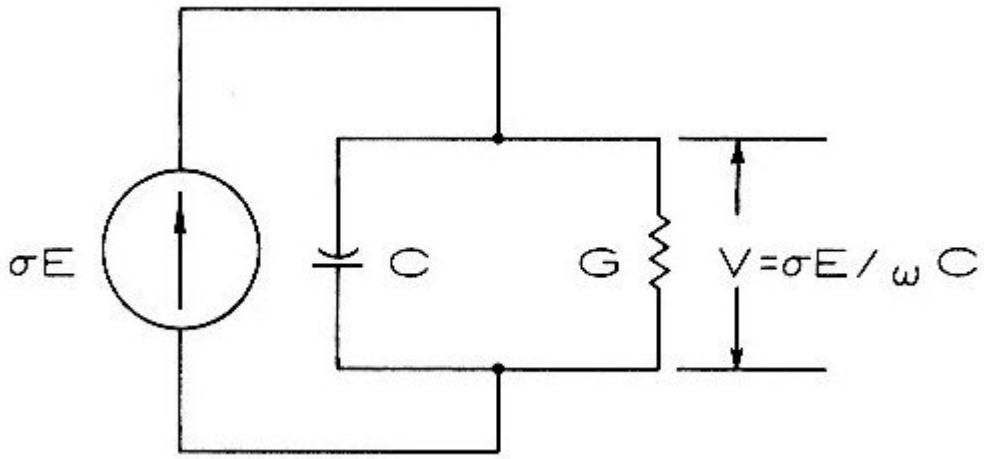


Bild 8. Ersatzschaltkreis für eine nicht gleichrichtende Membrane

Aus dem Ersatzschaltkreis ergibt sich zwischen den beiden Seiten der Membran ein Potential von

$$V = \sigma E/(G^2 + \omega^2 C^2)^{1/2}$$

Die Konduktivität (σ) des Gehirns beträgt 1 mho/m bei 2,1 GHz und die elektrische Feldstärke (E) bei einer Leistungsdichte von 20 mW/cm3 beträgt 200 Volt pro Meter. Für eine passive Membran beträgt C = 10hoch-2 Farad/m2 und G = 10 mhos/m2. Daraus ergibt sich:

$$V = (3185/f) \text{ volts} = 1.52\ \mu V \text{ at } 2.1 \text{ GHz}$$

Es ist zweifelhaft daß ein so kleines induziertes Membranpotential die elektrische Aktivität von Nervenzellen beeinflussen kann. Allerdings könnte der dieser Rechnung zugrundegelegte Ersatzschaltkreis nicht vollständig sein. (...) Nervenmembranen und synaptische Übergänge können sich wie elektrische Gleichrichter verhalten. In theoretischen Modellen, die erfolgreich die Entstehung und Weiterleitung des Aktionspotentials auf einem Nervenaxon vorhersagen, gehen davon aus daß sich die Nervenmembran wie ein Siliziumgleichrichter, wie eine Tunneldiode oder wie ein Transistor verhält.
Während die Modelle, die bei der Zellmembran die Eigenschaften einer Tunneldiode oder eines Siliziumgleichrichters annehmen, entwickelt wurden um die Nervenstimulation durch relativ niederfrequente elektrische Signale zu beschreiben, scheint es vernünftig anzunehmen, daß die Zellmembran auch im Mikrowellenbereich eine gewisse Fähigkeit zur Gleichrichtung behält. Betrachten wir den Fall daß ein Gleichrichter in den Ersatzschaltkreis der Membran eingefügt wird (Bild 9).

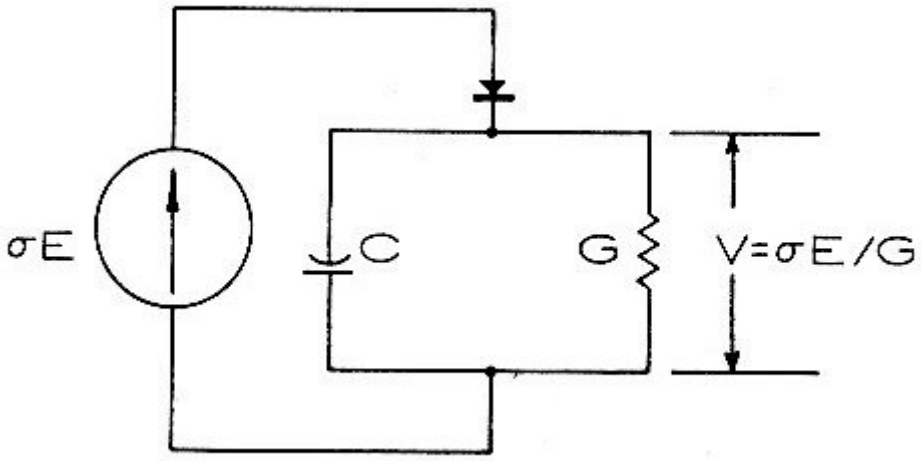


Bild 9. Ersatzschaltkreis für gleichrichtende Membrane

Nur die positiven Halbwellen der mit Mikrowellenfrequenz schwingenden Stromdichte (J) werden durch den Gleichrichter nach C und G weitergeleitet. Bei einer Mikrowellenfrequenz von 2 GHz beträgt die Zeit zwischen zwei positiven Signalspitzen 5 x 10hoch-10 Sekunden. Die zur Entladung der Kapazität benötigte Zeitkonstante beträgt C/G, also 0,001 Sekunden. Also wird die Kapazität der Membran bis zur Spitzenspannung von $\sigma E/G$ aufgeladen solange das Mikrowellensignal einwirkt, denn die Größe der Entladung zwischen den positiven Signalspitzen ist so gering, daß sie vernachlässigt werden kann. Wenn also die Zellmembran eine Gleichrichtung des Mikrowellensignals bewirkt beträgt das hervorgerufene Potential über die Zellmembran bei den sonst gleichen Werten wie in dem vorangegangenen Beispiel

$$V = \sigma E/G = (1)(200)/10 = 20 \text{ volts}$$

Dieser Wert ist zehn Millionen mal höher als der Wert ohne die Annahme einer Gleichrichtung. In dieser Rechnung wurde davon ausgegangen, daß die gesamte Stromdichte außerhalb der Zelle durch die Membran dringt und daß die Membran ein perfekter Gleichrichter ist. Eine kombinierte Effektivität der Durchdringung und Gleichrichtung an der Zellmembran von 0,01 Prozent würde eine Spannung von 2 mV über die Zellmembran ergeben. Eine solche Spannung genügt um die elektrischen Vorgänge einer Nervenzelle zu beeinflussen. Eine Effektivität von 0,1 Prozent ergibt eine Spannung von 20 mV über die Zellmembran. Diese Spannung reicht aus um ein Feuern des Nerven, also ein Aktionspotential auszulösen. Also ist die Gleichrichtung an der Zellmembran ein plausibler Mechanismus der die Reaktionen von Menschen auf Mikrowellenbestrahlung erklären kann.

Einwirkung von Mikrowellen auf lebende Zellen
Um durch Versuche festzustellen ob Mikrowellen niedriger Stärke die Aktivität von Nervenzellen beeinflussen oder nicht haben wir ein Bündel von lebenden Nervenzellen in ein Gefäß mit einem Streifenleiter zur Übertragung der Mikrowellen gebracht. Diese Zellen stammten von der Meeresschnecke Aplysia. In die Zellen gebrachte Glasmikroelektroden wurden verwendet um die elektrischen Aktivitäten der Zellen vor, während und nach der Bestrahlung mit Mikrowellen zu beobachten. Wir haben auch die Temperatur der Zellen und die von ihnen aufgenommene Mikrowellenenergie gemessen.

(...) Eindeutige Änderungen des ansonsten immer gleichen Feuermusters der Aplysia Nervenzellen wurden bei aufgenommenen Leistungsdichten von weit unter 20 mW/cm3 festgestellt. Die untersuchten sogenannten Schrittmacherneuronen hatten zwei natürliche Feuermuster: "schlagende" Schrittmacher mit einzelnen Aktionspotentialspitzen die in gleichbleibenden zeitlichen Abständen aufeinander folgen und "ausbrechende" Schrittmacherneuronen mit Gruppen von mehreren schnell aufeinander folgenden Aktionspotentialspitzen wobei zwischen den einzelnen Ausbrüchen immer gleiche Zeitabstände liegen. In den meisten der durchgeführten Versuche wurde festgestellt, daß die Wirkung der Mikrowellen durch die Zuführung der gleichen Wärmemenge ohne Einwirkung von Mikrowellen ausgelöst werden konnte.

In einigen Fällen allerdings ließen sich die durch Mikrowellenstrahlung hervorgerufenen Änderungen der Feuermuster eindeutig nicht durch einfache Erwärmung auslösen. So verursachte Mikrowellenbestrahlung zum Beispiel in einem Fall eine Verringerung der Zeit zwischen den einzelnen Ausbrüchen bei einem "ausbrechenden" Schrittmacherneuron von 12 auf 7 Sekunden während eine vergleichbare Erwärmung durch Konvektion eine Zunahme der Zeit zwischen den einzelnen Ausbrüchen von 12 auf 14 Sekunden verursachte. In einem anderen Fall hörte "schlagendes" Neuron bei Bestrahlung mit Mikrowellen auf zu feuern. Dieses Neuron verdoppelte aber ungefähr seine Feuerrate wenn die gleiche Wärmemenge durch Konvektion zugeführt wurde. Die beobachteten Wirkungen waren in dem Sinne reversibel als die untersuchten Neuronen im Allgemeinen ihr normales Feuerverhalten nach dem Abschalten der Mikrowellen und der Erwärmung durch Konvektion wieder aufnahmen. Die Frage ob die Mikrowellenwirkungen schädlich sind kann durch unsere Ergebnisse nicht beantwortet werden, aber es ist fast absolut sicher daß diese Wirkungen der Mikrowellen die in einem intakten Nervensystem stattfindende Informationsverarbeitung massiv stören würde.

Außer der Beobachtung der elektrischen Aktivitäten von Nervenzellen in einem Gefäß mit Streifenleiter als Indikator für die Wirkung von Mikrowellen arbeiten wir an einem direkteren Weg um festzustellen ob die Nervenmembran bei Mikrowellenfrequenzen ein Gleichrichter ist oder nichtlineare Eigenschaften hat. Bei diesem Versuchsaufbau dient eine die Zellmembran durchdringende Mikroelektrode als Übertragungslinie die zwei Mikrowellensignale mit unterschiedlicher Frequenz in die Nervenzelle leitet. Eine andere Elektrode leitet die Signale von der äußeren Oberfläche der